

## СЕКЦИЯ "ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ"

### Содержание

Работа секции состоится 25 апреля 2007 г. в 10<sup>00</sup> в 211 х.к.

Председатель секции – д.т.н., профессор Комарова Л.Ф.

1. Королева Т.А., Тарасова М.Н., Лазуткина Ю.С. Изучение основных физико-химических свойств бутанольно-толуольной смеси в производстве лакокрасочных материалов.
2. Столяр Е.Г., Бельдеева Л.Н. Информационное обеспечение системы обращения с отходами.
3. Ужегова Н.А., Бельдеева Л.Н. Организационные методы совершенствования системы обращения с отходами в Алтайском крае.
4. Тарасова М.Н., Лазуткина Ю.С. Проведение термодинамико-топологического анализа бутанольно-толуольной смеси.
5. Мещерякова М., Блудова М., Федяева Л., Тарасова М.Н. Изучение экологической обстановки пришкольной территории.
6. Голубцова Т.Н., Сеселкин И.В., Елизаров К.Е. Реконструкция узла привода вальцов 502008 производства паронита.
7. Климов А.С., Кормина Л.А. Рекуперация летучих растворителей при производстве асбестовых технических изделий.
8. Фогель А.А., Шашков Ю.И., Сомин В.А. Современные конструкции и методы для мембранного разделения жидких смесей.
9. Мелехина Н.Н., Шашков Ю.И. Перспективная массообменная техника.
10. Олейникова С.Ю., Горелова О.М., Певнева И.А. Переработка химических продуктов коксования.
11. Кольба М.Г., Горелова О.М. Решение вопросов ресурсосбережения и экологии при переработке нефти.
12. Золотухина Е.В., Горелова О.М. Ректификационная переработка каменноугольной смолы.
13. Левченко А.А., Сомин В.А. Разработка технологии очистки промывных вод процесса хромирования.
14. Гурова О.С., Лебедев И.А. Применение базальтовых волокон для очистки воды от взвесей.
15. Келлер Е.А., Лебедев И.А. Исследование процессов коагуляции, отстаивания и фильтрования для очистки сточных вод линии обезжиривания деталей ОАО «Алттранс».
16. Буравлев В.О., Сомин В.А. Перспективные методы очистки воды.
17. Патанина И.Я., Потапова Ю.Ю., Курочкин Э.С. Разработка методики получения устойчивых эмульсий на пилотной установке с быстроходной мешалкой.
18. Карпова Н.В., Безматерных А.Ю., Курочкин Э.С. Разработка методики получения хлористого калия из силвинита на пилотной установке кубового реактора с планетарной мешалкой.
19. Кондратюк Е.В., Комарова Л.Ф. Разработка технологии получения нового ионообменно-сорбционного композитного материала на основе микроволоконистой матрицы и модифицированного наноминерала.
20. Яковлева В.С., Кормина Л.А. Очистка коксового газа от бензольных углеводородов.
21. Ягунов М.А., Назарова М.Г., Портненко Л.В., Кондратюк Е.В. Исследование фильтровально-сорбционных свойств нового материала, синтезированного путем модификации базальтового волокна бентонитовыми глинами.
22. Лобанова Е.Н., Сомин В.А. Применение мембранной технологии в процессе никелирования.
23. Ермолаенков И.В., Андреева Н.Г. Проблемы сухого золоудаления на ТЭЦ и пути их решения.
24. Бирюкова Н.В., Полетаева М.А. Разработка методики проведения внутреннего экологического аудита систем водопотребления и водоотведения предприятия ОАО ХК «Барнаултрансмаш».
25. Сотникова Н.Ю., Сартакова О.Ю. Оптимизация технологии водоподготовки на ООО «Барнаульский Водоканал».
26. Захватова А.В., Кондратюк Е.В. Применение новых сорбционно-ионообменных материалов для очистки сточных вод от ионов Cr(VI).
27. Шнейдер Л.В., Кухта Н.Б., Сомин В.А. Исследования по очистке сточных вод от ионов никеля ионообменными методами.

# ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУТАНОЛЬНО-ТОЛУОЛЬНОЙ СМЕСИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Королева Т.А. – студент, Тарасова М.Н. – студент, Лазуткина Ю.С. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Деятельность химической промышленности связана с образованием большого количества жидких токсичных отходов, которые в настоящее время подвергаются термической деструкции, что сопровождается с одной стороны загрязнением окружающей среды и негативным воздействием на здоровье людей, а с другой – потерей ценных компонентов. Для изменения создавшегося положения требуется оснащение предприятий современным оборудованием, создание принципиально новых технологий, обеспечивающих комплексную безотходную переработку сырья и организацию производства экологически безопасных продуктов органического синтеза.

В Алтайском крае одним из ведущих предприятий химической отрасли является ОАО «Алтайхимпром» города Яровое, которое характеризуется выпуском широкого спектра различной продукции, и среди них кремнийорганических эмалей, при производстве которых образуется ежегодно 1460 т отработанных растворителей.

Целью данной работы является разработка технологии разделения смеси растворителей после локальной очистки сточных вод с целью выделения и повторного использования ценных веществ в основном технологическом цикле.

В состав изучаемой смеси, промышленное наименование которой бутанольно-толуольная смесь (БСТ), входят пять компонентов (масс.%): этанол – 72,4, толуол – 6,8, бутанол – 9,7, хлорбензол – 4,5 вода – 6,6.

Для исходной смеси число  $Z$  возможных  $r$ -составляющих представлено в таблице 1 и может быть определено по уравнению:

$$Z = n! / r! * (n-r)!$$

где  $n$  – количество компонентов смеси;

$r$  – определяемые составляющие.

Таблица 1 – Составляющие пятикомпонентной смеси

Составляющие смеси	Количество компонентов смеси, $n$	Определяемые составляющие, $r$	Число $Z$ возможных составляющих
Бинарные	5	2	10
Тройные	5	3	10
Четверные	5	4	5

Следовательно, в системе имеется 10 бинарных, 10 тройных и 5 четверных составляющих.

На первом этапе исследований были рассмотрены основные физико-химические свойства индивидуальных компонентов БСТ, а также ее бинарных и тройных составляющих. В литературных источниках найдены данные по взаимной растворимости, которые необходимы для определения возможности разделения смеси за счет образования гетерогенных систем.

В таблицах 1 и 2 [1] представлены некоторые растворимости бинарных систем в зависимости от температуры.

Таблица 2 – Взаимная растворимости бинарных систем

Наименование системы	Взаимная растворимость, масс. %		Температура, °C
	1	2	
1	2	3	4
Этанол (1) – вода (2)	2,50	97,50	-1,00
	29,90	70,10	-18,90
	96,00	4,00	-115,00

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Толуол (1) – этанол (2)	88,00	12,00	15,00
Бутанол (1) – вода (2)	12,74	87,26	-18,01
	32,40	67,60	124,75
	80,82	12,18	5,00
Хлорбензол (1)-вода (2)	0,18	0,11	25

Таблица 3 – Растворимость воды в органических растворителях

Наименование системы	Растворимость воды, масс. %	Температура, °С
Вода - толуол	0,0020	-9,0
	0,0700	38,5
	0,4130	93,0
Вода - хлорбензол	0,0275	17,7
	0,0560	32,4
	0,0990	49,0

В таблицах 4 и 5 [2] представлены данные по растворимости тройных систем, а также состав равновесных фаз.

Таблица 4 – Взаимные растворимости тройных систем

Взаимная растворимость, масс. %				
Наименование системы	1	2	3	Температура, °С
Вода (1)-бутанол (2)- толуол (3)	1,16	19,66	79,18	30
	7,86	60,72	32,42	
	20,62	73,38	0,00	
Этанол (1)-толуол (2)- вода (3)	9,36	89,84	0,81	25
	52,89	29,52	14,59	
	42,48	1,75	55,76	

Таблица 5 – Состав равновесных фаз в зависимости от температуры

Наименование системы	Состав равновесных фаз						t, °С
	Водный слой, масс. %			Спиртовой слой, масс. %			
Этанол (1)– бутанол (2)–вода (3)	0,0	6,6	93,4	0,0	81,6	18,4	20
	9,0	8,2	82,5	2,2	78,2	19,6	
	14,9	40,4	44,7	8,6	65,7	25,7	
Этанол (1)-толуол (2)-вода (3)	Водный слой, масс. %			Толуольный слой, масс. %			
	55,06	27,50	17,44	9,37	88,14	2,49	
	31,37	0,40	68,23	1,60	96,20	2,20	
	45,54	3,23	51,25	5,25	91,24	3,51	40

Анализ литературных данных показал, что в исходной системе образуется 5 бинарных и 4 тройных системы, пять из которых гетерогенны (вода-бутанол, вода-хлорбензол, вода-толуол, вода-бутанол-толуол, этанол-толуол-вода). Это свойство может быть использовано для дальнейшей разработки способа разделения изучаемой БСТ. Отсутствующие данные по растворимостям других систем необходимо изучить экспериментально.

Литература:

1. Справочник по растворимости: Ред. Кафаров В. В., т.1. – М., - Л., 1963 – 946 с.
2. Справочник по растворимости: Ред. Кафаров В. В., т.2. – М., - Л., 1963 – 1006 с.

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

Столяр Е.Г. – студент, Бельдеева Л.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В 2002 году проведена работа по разработке “Классификатора отходов Алтайского края”. Работа выполнялась научным коллективом Алтайского государственного технического университета под руководством д.т.н., профессора Мироненко В.Ф. Был определен перечень опасных отходов, имеющих на территории Алтайского края, определены классы опасности токсичных отходов наиболее типичных для Алтайского края. Классификатор согласован с Главным управлением по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям Алтайского края и утвержден Главным управлением природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Алтайскому краю. Названный нормативный документ являлся основанием для разработки проектов нормативов образования и лимитов размещения отходов.

Разработана гео-информационная система, позволяющая вести учет размещаемых отходов. На электронную карту нанесены основные полигоны твердых бытовых отходов для городов и поселков края с указанием емкости и расстояния от населенного пункта. Картографический вариант результатов инвентаризации позволяет представить экологическую опасность мест складирования отходов в зависимости от расположения относительно водных объектов, населенных пунктов и т. д. При необходимом масштабе электронная карта позволяет вычислить расстояния до ближайших населенных пунктов, от водных объектов, увидеть общее количество свалок для каждого района Алтайского края. Информационная база содержит данные по 43 районам и 12 городам, и позволяет получить сведения о виде, количестве захороненных отходах, географического положения объекта, сроках эксплуатации, наличии защитных средств, систем мониторинга и др.

Организация ведения сводной базы данных по обращению с отходами является функцией специально уполномоченных органов в области обращения с отходами (Ростехнадзор) и органами исполнительной власти (Департамент по охране окружающей среды в Алтайском крае).

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Ужегова Н.А.- студент, Бельдеева Л.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Ряд отходов, помимо общих правил, установленных ФЗ «Об отходах производства и потребления», требует специальных режимов и правил обращения (отходы нефтепродуктов, биологические отходы, одноразовые элементы питания). Практически отсутствуют правовые нормы в части экономического стимулирования в сфере обращения с отходами. Для создания условий по реализации норм указанного закона на территории Алтайского края, ликвидации правовых пробелов, дополнения и конкретизации действующей законодательной базы необходимо развитие региональной нормативно-правовой базы.

Разработка и принятие Закона Алтайского края "Об обращении с отходами производства и потребления" позволит создать условия для реализации норм федерального закона на уровне субъекта РФ с учетом накопленного опыта в сфере обращения с отходами производства и потребления на территории края и в других субъектах Российской Федерации.

На территории края есть отходы, которые образуются в большинстве предприятий и организаций и при неправильном обращении могут нанести существенный вред окружающей среде: отработанные ртутные лампы, элементы питания, отработанные масла; а также отходы, которые могут быть вовлечены в хозяйственный оборот: строительные отходы, макулатура, пластик; отходы, опасные в эпидемиологическом отношении:

биологические и медицинские отходы. Действующая нормативно-правовая база не обеспечивает условий для более полного использования указанных отходов в качестве вторичного сырья и безопасности для окружающей среды и населения. Для снижения их воздействия на окружающую среду до допустимых пределов необходима разработка и принятие Порядка обращения с данными видами отходов на территории края. Единый порядок обращения с данной категорией отходов обеспечит правовые условия для более полного использования отходов и уменьшения их образования.

Так как действующая нормативно-правовая база не учитывает специфики местных условий – виды и объемы отходов, образующихся на территории края, наличие объектов размещения отходов, возможностей использования отходов, состояние окружающей среды, наличие и характер уже имеющейся антропогенной нагрузки на окружающую среду на данной территории, целесообразно принятие Правил по обращению с отдельными видами отходов на территории Алтайского края, определяющих порядок сбора, временного хранения отходов, экологические требования к местам складирования отходов, их транспортировке и утилизации, учета и отчетности при обращении с отходами, порядок приема отходов на объекты захоронения. Введение таких Правил позволит сократить количество несанкционированных свалок, предотвратить негативное воздействие на окружающую среду, связанное со сжиганием отходов в местах их временного хранения на территории предприятий и организаций, вовлечь образующиеся на территории края отходы в оборот в качестве вторичных ресурсов.

При разработке региональной нормативно-правовой базы необходимо определить приоритетность методов регулирования с учетом накопленного собственного опыта, а также опыта других регионов РФ и международного сообщества.

## ПРОВЕДЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИКО-ТОПОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА БУТАНОЛЬНО-ТОЛУОЛЬНОЙ СМЕСИ

Тарасова М. Н. - студент, Лазуткина Ю. С. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Основная причина загрязнения биосферы – это ресурсоемкие и загрязняющие технологии переработки и использования сырья. Именно эти, так называемые традиционные технологии, приводят к огромному накоплению отходов и к необходимости очистки сточных вод и утилизации твердых отходов.

Разработка малоотходных технологических процессов является наиболее рациональным способом защиты окружающей природной среды от антропогенных загрязнений.

В последние годы объемы выбросов, сбросов и образования отходов существенно уменьшились, что в большей степени объясняется спадом производства и в меньшей – осуществлением природоохранных мероприятий.

В производстве кремнийорганических эмалей на одном из крупнейших химических заводов Алтайского края ОАО «Алтайхимипром» ежегодно термической деструкции подвергается около 1,5 тысячи тонн отходов растворителей, что сопровождается с одной стороны, потерями целевого и побочных компонентов, с другой - загрязнением окружающей среды.

Целью нашей работы является разработка малоотходной, экологически безопасной технологии разделения смеси органических растворителей, образующейся после локальной очистки сточных вод в производстве кремнийорганических эмалей.

Объектом исследования является бутанольно-толуольная смесь (БСТ), в состав которой входят пять компонентов (масс. %): этанол – 72,4 %; бутанол – 9,7%; толуол – 6,8%; хлорбензол – 4,5%; вода – 6,6%.

Основными способами разделения многокомпонентных органических смесей являются процессы перегонки и ректификации.

Разработка технологических схем с использованием указанных методов базируется на анализе структур диаграмм фазового равновесия жидкость-пар, названном термодинамико-топологическим анализом (ТТА). Его основы разработаны в научной школе Л.А. Серафимова и В.Т. Жарова [1]. ТТА позволяет по минимуму экспериментальных данных выявить ограничения, обусловленные физико-химической природой разделяемой смеси, на проведение процесса ректификации. Для этого исследуемому объекту ставится в соответствие его геометрический образ – симплекс, включающий особые точки и разделяющие многообразия [2].

В основу метода определения структур фазовых диаграмм могут быть положены правила азеотропии [1], а также локальные закономерности для многокомпонентной смеси, изложенные в [3].

Для исходной БСТ число  $Z$  возможных бинарных, тройных и четверных составляющих смеси, которые могут быть определены по уравнению:

$$Z = n! / r! \cdot (n-r)!,$$

где  $n$  – количество компонентов смеси;

$r$  – определяемые составляющие.

Указанные составляющие пятикомпонентной смеси представлены в таблице 1.

Следовательно, в системе имеется 10 бинарных, 10 тройных и 5 четверных составляющих, в том числе азеотропные, которые могут существенно усложнить процесс разделения смеси на индивидуальные компоненты.

Анализ литературных данных показал, что в исходной пятикомпонентной системе образуются 7 бинарных и 5 тройных азеотропов.

Таблица 1 – Составляющие пятикомпонентной смеси

Составляющие смеси	Количество компонентов смеси, $n$	Определяемые составляющие, $r$	Число $Z$ возможных составляющих
Бинарные	5	2	10
Тройные	5	3	10
Четверные	5	4	5

Для построения фигуры, соответствующей концентрационному симплексу разделяемой смеси – пентатопа, необходимо рассмотреть составляющие его симплексы меньшей размерности – тетраэдры. Таких тетраэдров в пентатопе имеется пять, вершины соответствуют чистым компонентам, ребра – бинарным составляющим, грани – тройным. Наименование компонентов следующее: 1 – этанол, 2 – вода, 3 – толуол, 4 – бутанол, 5 – хлорбензол.

В тетраэдре 1234 компоненты образуют между собой пять бинарных (особые точки на ребрах) и два тройных положительных азеотропа на гранях 234 и 123. Определяя типы особых точек тетраэдра относительно его объема и границы, представим их во взаимосвязи с другими особыми точками рассматриваемого симплекса по главным направлениям, то есть изучим особые точки тетраэдра.

В рассматриваемом тетраэдре 1234 (этанол-вода-толуол-бутанол) (рисунок 1) имеется один неустойчивый узел, соответствующий минимальному азеотропу 123 (этанол-вода-толуол). Он является самой низкикипящей точкой и начальной для всех трех пучков дистилляционных линий, оканчивающихся в устойчивых узлах, соответствующих вершинам 2, 3, 4. Здесь же оканчиваются и линии ректификации при бесконечном флегмовом числе для аппарата идеального противотока. Вершина 1 является отрицательным седлом относительно объема и седло-узлом относительно границы симплекса. Через эту вершину не проходят внутренние траектории, как и через все бинарные азеотропы и тройной 234, являющегося относительно объема тетраэдра положительным седлом второго порядка.

Через особые точки 12, 13, являющиеся сложными седло-узлами относительно границ тетраэдра, проходят поверхности, разделяющие внутренний объем симплекса на части.

Седла 12 и 13 не имеют внутренних траекторий, и в разделяющей поверхности главными траекториями – сепаратрисами их являются линии, принадлежащие граням, на которых точки находятся. Так, если 123-34, 123-234, 123-24 – внутренние траектории, то линии 12-24, 13-34, 123-12, 123-13, 123-23, 234-23, 234-24, 234-34 – линии, принадлежащие граням.

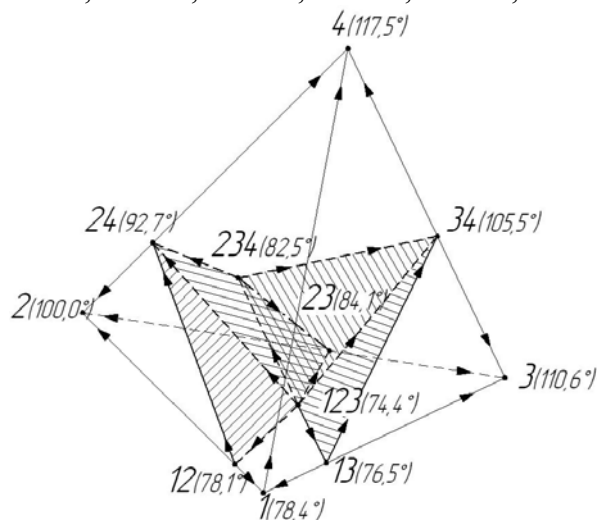


Рисунок 1 – Объемы дистилляции в концентрационном тетраэдре 1234

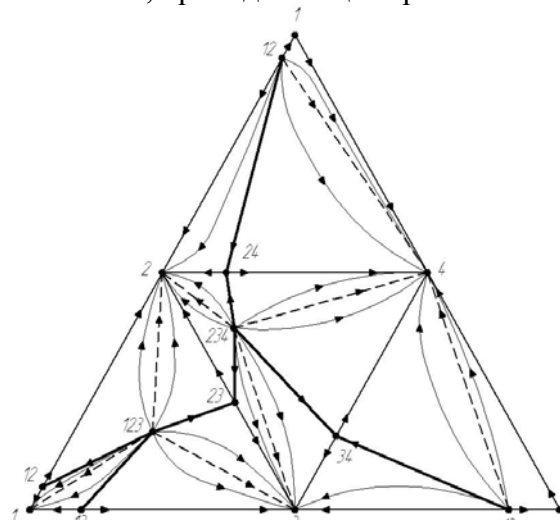


Рисунок 2 – Развертка тетраэдра 1234 на плоскость

По развертке граничного пространства тетраэдра, представленной на рисунке 2, можно проследить все три объема дистилляции по замкнутому контуру, являющемуся следом замкнутого объема на границе тетраэдра вокруг вершин последнего – конечных точек дистилляционных линий. Пунктиром показаны разделяющие линии ректификации в дистилляционных объемах, сплошными линиями со стрелками – ход дистилляционных линий в гранях тетраэдра.

По приведенной выше методике были определены типы особых точек, поведение дистилляционных линий и ход пучков в замкнутых объемах всех составляющих четырехкомпонентных тетраэдрах.

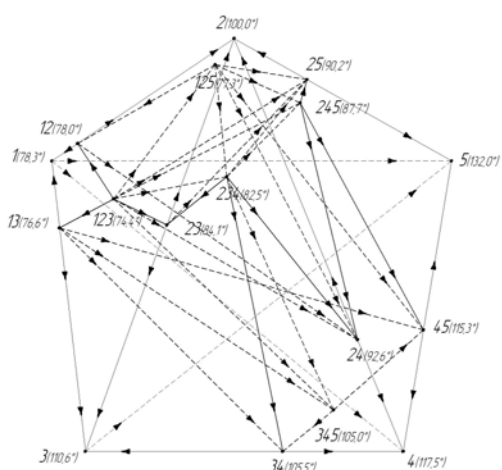


Рисунок 3 – Дистилляционная диаграмма исходного концентрационного симплекса

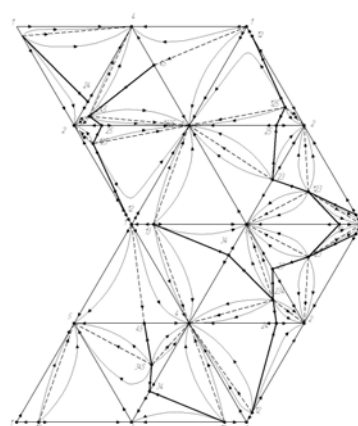


Рисунок 4 – Дистилляционная диаграмма исходного концентрационного симплекса. Качественная структура хода линий дистилляции

Изучаемый симплекс представляет собой пентатоп – фигуру из пяти тетраэдров. На рисунке 3 приведена проекция и на рисунке 4 – развертка поверхности пентатоба.

Концентрационная диаграмма изучаемого симплекса содержит 17 особых точек, в число которых входит семь бинарных, пять тройных азеотропов и пять вершин, соответствующих чистым компонентам.

Таким образом многомерность концентрационного симплекса не позволяет строго зафиксировать положение фигуративной точки состава исходной смеси, но позволяет определить начальные и конечные точки пучка дистилляционных линий, что значительно облегчит разработку технологической схемы для разделения бутанолтно-толуольной смеси.

Литература:

1. Жаров В. Т., Серафимов Л. А. Физико-химические основы дистилляции и ректификации – Л.: Химия, 1975.- 240 с.
2. Бабич С.В. Разработка технологической схемы ректификации легкокипящей фракции оксидата прямогонного бензина методом ТГА. – Дисс. канд. техн. наук. – М., 1970. – 138 с.
3. Сторонкин А.В. Термодинамика гетерогенных систем. – Л.: ЛГУ, 1967, ч. 1,2 – 466 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИШКОЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Мещерякова М. – ученик, Блудова М. – ученик, Федяева Л. – ученик, Тарасова М. Н. – студент

МОУ «Лицей №86», Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Анализ загрязнения окружающей среды - одно из немаловажных направлений в экологических исследованиях. Загрязнение почвы, водоемов и отчасти растительности происходит главным образом через атмосферу, количество поступающих вредных веществ, в том числе соединений металлов, изменяет качественный состав компонентов биогеоценоза, преобразует их структуру, нарушает нормальное функционирование и, в конечном счете, подвергает биогеоценоз деградации. Велика нагрузка и от транспорта, доля которого постоянно растет. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания автомобилей содержат огромное количество токсичных соединений – бенз(а)пирена, альдегидов, оксидов азота и особо опасных соединений свинца (в случае применения этилированного бензина). В связи с этим особый интерес представляет оценка содержания вредных веществ в аэрозолях и атмосферных осадках.

Данная работа посвящена изучению экологической обстановки пришкольной территории МОУ «Лицея № 86» города Барнаула Алтайского края.

Исследования осуществлялись в течение одного года, за который были проведены исследования по нескольким направлениям:

1. Определение загрязнения окружающей среды пылью.
2. Измерение транспортной нагрузки.
3. Расчет концентрации угарного газа в атмосферном воздухе.
4. Определение содержания диоксида серы и диоксида углерода с помощью универсального газоанализатора УГ-2.
5. Определение содержания двуоксида углерода электрометрическим способом.

При проведении исследований были использованы следующие методы: гравиметрический, линейно калориметрический, анкетирования, расчетно-математический и метод непосредственного наблюдения за объектом.

Подсчет автомобильного транспорта осуществлялся с 5 октября по 11 октября 2006 года в контрольном створе на Красноармейском проспекте в обеденное время в течение 30 минут каждый день. В результате полученных данных был построен график транспортной нагрузки за неделю в районе «Лицея № 86», который представлен на рисунке 1.

Таким образом, транспортная нагрузка на пришкольную территорию составляет в среднем 890 экипажей в час. Наибольшую долю составляет легковой автотранспорт и «Газели».

Рассчитанная концентрация оксида углерода по данным наблюдения за выхлопными газами автомобилей составила 14,62 мг/м<sup>3</sup>, что в 3 раза больше ПДК (ПДК 5,0 мг/м<sup>3</sup>).



Широко известно действие на человеческий организм угарного газа. При остром отравлении появляются общая слабость, головокружение, тошнота, сонливость, потеря сознания. Он очень опасен для лиц, страдающих анемией и сердечно-сосудистыми заболеваниями.

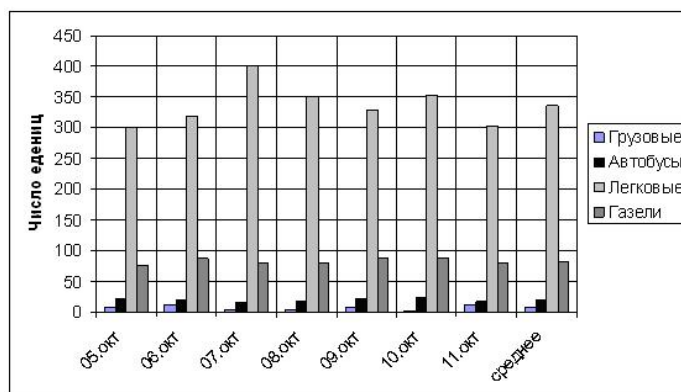


Рисунок 1 – Транспортная нагрузка за неделю

В ходе определения содержания пыли по листовым пластинкам растений было получено, что концентрация взвешенных веществ в воздухе в среднем составила  $0,0005 \text{ мг/м}^3$ , что значительно меньше ПДК для пыли (ПДК  $0,5 \text{ мг/м}^3$ ).

Однако, результаты определения пыли фильтрованием дождевой воды через бумажный фильтр показали, что концентрация пыли перед школой составляет  $2,041 \text{ мг/м}^3$ , что в 4 раза больше ПДК.

А повышенное содержание взвешенных твердых частиц опасно тем, что они способны проникать в лимфатические узлы, задерживаться в альвеолах легких, засорять слизистые оболочки.

С помощью универсального переносного газоанализатора была определена концентрация  $\text{SO}_2$ , которая в среднем составила  $15 \text{ мг/м}^3$ , что в 30 раз больше ПДК (ПДК  $0,5 \text{ мг/м}^3$ ).

Диоксид серы очень опасен. Соединяясь с влагой, образует серную кислоту, которая разрушает легочную ткань человека и животных. Особенно  $\text{SO}_2$  опасен, когда он осаждается на пылинках и в этом виде проникает глубоко в дыхательные пути.

Концентрация  $\text{CO}_2$  в среднем составила  $15 \text{ мг/м}^3$ , однако концентрация диоксида углерода в воздухе не нормируется. Определение наличия  $\text{CO}_2$  в дождевой воде по pH проводилось для качественного подтверждения, достаточно высокой концентрации углекислого газа в атмосферном воздухе.

По результатам исследования можно сделать вывод, что тема исследования несомненно актуальна, поскольку неблагоприятное состояние окружающей среды рассматриваемой территории отрицательно влияет на здоровье школьников и жителей близлежащих домов. И данные результаты должны быть использованы для предупреждения дальнейшего ухудшения ситуации и разработки мероприятий по оздоровлению ситуации.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ УЗЛА ПРИВОДА ВАЛЬЦОВ 502008 ПРОИЗВОДСТВА ПАРОНИТА

Голубцова Т.Н. – студент, Сеселкин И.В. – к.т.н., доцент, Елизаров В.Е. – нач-к РМЦ  
 Алтайский государственный технический университет  
 ОАО “Барнаульский завод Асбестовых Технических Изделий” (г. Барнаул)

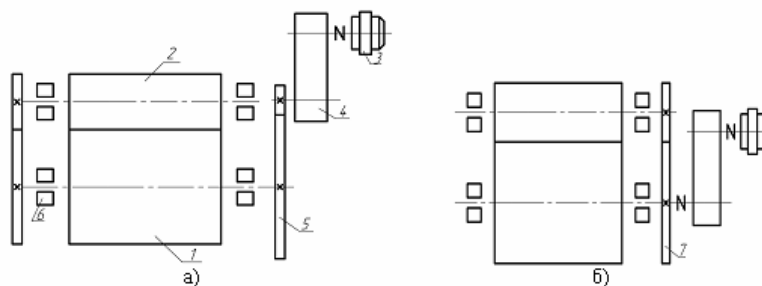
Асбестовые технические изделия [1] находят применение во многих отраслях промышленности: химической, автомобильной, нефтехимическом машиностроении, судостроении, производстве металлорежущих станков, грузоподъемных механизмов и т.д.

Одним из крупнейших предприятий производства асбестовых технических изделий в России является ОАО “Барнаульский завод Асбестовых Технических Изделий”, который выпускает широкую номенклатуру продукции: тормозные колодки, фрикционные накладки сцепления; текстильную продукцию (набивки сухие и пропитанные, нити и шнуры асбестовые, ленту тормозную тканую, ткани асбестовые) и листовой паронит. Паронит применяется в виде прокладок различных размеров и конфигураций для уплотнений мест соединения металлических поверхностей.

Производство паронита осуществляется по следующей схеме: в бункерном отделении производится подготовка ингредиентов смеси, резка, развеска и дробление каучуков, загрузка составляющих паронитовой массы в массомешатель. В отделении массомешателей происходит изготовление паронитовой смеси путем совмещения операций изготовления резинового клея, добавок асбеста и пушенных отходов. На участке вальцевания из паронитовой смеси изготавливается листовой паронит.

Одной из основных стадий технологического процесса является вальцевание паронитовой смеси, которое осуществляется на вальцах [2]. В результате многолетней эксплуатации на предприятии вальцов для паронита 502008, выявлены конструктивные недостатки отдельных их узлов; так, требует реконструкции узел привода вальцов.

Существующая кинематическая схема привода представлена на рисунке 1а. Вращательное движение валкам 1 и 2 передается от электродвигателя 3 через редуктор 4 и две пары шестерен 5. Шестерни представляют собой шевронные зубчатые колеса, каждое из которых состоит из двух половин. В результате длительной эксплуатации шевронные шестерни выходят из строя. Возможность замены шевронных зубчатых колес определяется их сложностью изготовления и как следствие – высокой стоимостью. Также существенным недостатком является трудоемкость работ по ремонту и замене колес.



1 – нижний валок, 2 – верхний валок, 3 – электродвигатель, 4 – редуктор, 5 – шевронные зубчатые колеса, 6 – валковые подшипники, 7 – косозубые зубчатые колеса.  
Рисунок 1 – Кинематическая схема привода вальцов до реконструкции (а) и после реконструкции (б).

Предлагается выполнить реконструкцию узла привода, которая предполагает замену шевронных колес косозубыми зубчатыми колесами, что в целом упростит конструкцию привода.

Кинематическая схема привода вальцов после реконструкции показана на рисунке 1б. Привод валков осуществляется от электродвигателя через редуктор на нижний валок. Верхний валок получает вращение от нижнего при помощи валковых шестерен.

В результате силового расчета зубчатой передачи были получены значения основных параметров зубчатых колес, которые удовлетворяют прочностным, кинематическим, геометрическим и экономическим требованиям, обеспечивая работоспособность передачи в течение заданного срока службы. Таким образом, при сохраненном числе оборотов валков, зубчатая передача удовлетворяет всем требованиям и обеспечивает работоспособность вальцов. Кроме того, расчетами показано, что мощность электродвигателя привода можно уменьшить с 15 кВт до 13 кВт, что снижает потребление электроэнергии.

Предлагаемая реконструкция даёт следующие результаты:

- упрощение конструкции привода вальцов;

- увеличение надёжности работы узла привода, вследствие уменьшения количества элементов конструкции;
- существенное снижение затрат на приобретение приводных шестерен;
- уменьшение эксплуатационных затрат, в том числе затрат на проведение ремонта;
- снижение себестоимости производимой продукции.

Литература:

1. Шанин Н.П., Бородулин М.М., Колбовский Ю.Я. Производство асбестовых технических изделий. – Л.: Химия. 1983 – 240 с. ил.
2. В. Н. Карпов Оборудование предприятий резиновой промышленности. – М.: Химия, 1987 – 336 с. ил.

## РЕКУПЕРАЦИЯ ЛЕТУЧИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АСБЕСТОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Климов А.С. – студент, Кормина Л.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Антропогенное загрязнение атмосферы до определенного периода сглаживалось восстановительными процессами в биосфере. Однако с развитием научно-технического прогресса масштабы преобразовательной деятельности человека достигли глобального уровня. В результате этой деятельности биосфера постепенно разрушается. Выбросы промышленных предприятий, транспорта, энергетических систем достигли таких размеров, что с ними не может справиться сама биосфера. Множество разработанных технологических процессов, появление новых видов продукции, особенно в химической промышленности, привели не только к увеличению количества загрязнений, но и к существенному увеличению числа токсичных примесей.

Производство асбестовых технических изделий (АТИ) является одним из наиболее значительных источников вредных выбросов в атмосферу. Вредные выбросы АТИ отличаются разнообразием химического состава и агрегатного состояния – пар, аэрозоли, твердые вещества.

Столь сложный состав выделяющихся веществ объясняется большой номенклатурой изделий, разнообразием процессов их изготовления, а также применяемых материалов и ингредиентов.

Одним из видов деятельности АТИ является производство паронита и изделий из него. Паронитовая масса готовится из асбеста, резиновой смеси и бензина в массомешателях, затем вальцуется на паронитовых вальцах. Часть листового невулканизированного паронита является готовой продукцией; другая часть вулканизируется в прессах (листовой паронит) или в печах (прокладки).

Основной вредностью паронитового производства является бензин. Наибольшее количество бензина выделяется в массомешателях и на вальцах. Улавливание из воздуха испарившегося бензина имеет большое практическое значение. Во-первых, пары бензина токсичны - действуют на организм наркотически, могут вызвать острое и хроническое отравление. При длительном контакте с кожей вызывают сухость, трещины, может приводить к дерматитам и экземам. Во-вторых, пары бензина горючи и взрывоопасны, поэтому эти пары должны быть удалены из рабочих помещений. Кроме того, учитывая значительную стоимость бензина - растворителя, его пары необходимо улавливать из воздуха и затем вновь возвращать в производство, благодаря чему снижается себестоимость выпускаемой продукции.

Для улавливания паров бензина массомешатели и вальцы оснащены местными отсосами, после прохождения которых бензовоздушная смесь подается на рекуперационную установку. Рекуперация бензина осуществляется адсорбционным методом, который позволяет решать задачи глубокой очистки технологических и отходящих промышленных газов, содержащих пары бензина.

Адсорбцию применяют для удаления большого числа различных газообразных органических загрязнений с высокой степенью очистки технологических газов.

Адсорбционный метод основан на избирательном поглощении растворителей твердым поглотителем за счет сил межмолекулярного взаимодействия. Адсорбцию целесообразно применять в тех случаях, когда концентрация примесей в отходящих газовых смесях на 2/3 меньше нижнего предела взрываемости этих компонентов и не опускается ниже 4-5 г/м<sup>3</sup>.

Успех процесса адсорбции вредных летучих растворителей, содержащихся в газовых выбросах, во многом определяется правильным выбором твердых сорбентов. Полимерные адсорбенты, такие как активированные оксиды алюминия, силикагели обладают высокой селективностью по отношению к газам с полярными молекулами. Однако присутствие таких часто встречающихся полярных продуктов, как водяной пар, может приводить к снижению их адсорбирующей способности по отношению к другим веществам или делать их вовсе неэффективными. Неспецифический адсорбент - активированный уголь - получил наиболее широкое применение. Он является одним из несложных адсорбентов, которые можно использовать для влажных газов. Вследствие неспецифичности активированный уголь адсорбирует все газы, присутствующие в малых количествах, пропорционально их концентрациям, поэтому следует учитывать тот факт, что помимо газа, который необходимо уловить, будут адсорбироваться и другие примеси. К другим достоинствам рекуперационных углей относятся небольшая удерживающая способность, кроме того, они достаточно прочны, не требуют значительных затрат энергии на преодоление гидравлического сопротивления слоя адсорбента при прохождении потока газа.

Самые мелкие поры газовых углей доступны для паров веществ с молекулярной массой до 150. Поэтому с позиции адсорбции их возможно использовать и для поглощения хорошо адсорбирующихся паров. Но в технологических процессах определяющее значение для выбора типа угля часто приобретает стадия десорбции, поэтому для улавливания органических растворителей из воздуха и для решения ряда аналогичных задач применяют рекуперационные угли типов AP и APT.

Широкими перспективами использования в комбинированных системах очистки, где на первом этапе обработку газовых выбросов проводят водой, обладает новый тип углеродных адсорбентов, так называемых молекулярно-ситовых углей. Эти адсорбенты обладают хорошими сорбционными свойствами по отношению к целевым углеводородным компонентам в условиях повышенной влажности в газовой среде. Развитая система микропор, повышенная механическая прочность характеризуют активные угли на основе полимерных материалов как высокоэффективные адсорбенты даже при низких концентрациях целевого компонента в газовых выбросах.

Эффективность адсорбционного метода очистки газовых выбросов во многом зависит от аппаратного оформления процесса. Адсорбционные процессы осуществляются в адсорберах периодического или непрерывного действия, причем в обоих случаях адсорбция компонента протекает непрерывно, а использование адсорбентов может быть непрерывным или периодическим. При применении адсорберов периодического действия непрерывность процесса осуществляется за счет попеременного циклического переключения адсорберов. Количество работающих одновременно в фазе адсорбции аппаратов зависит от производительности одного адсорбера и объема очищаемого вентиляционного воздуха. В данном случае адсорбционно-десорбционные процессы могут проводиться по четырех-, трех- и двухфазному способу. Выбор того или иного способа ведения адсорбционно-десорбционного процесса зависит от свойств адсорбтива и адсорбента, параметров процесса и экономических показателей.

Необходимо заметить, что поглощение вредных примесей из потока технологических газов стремятся проводить при малых линейных скоростях (до 0,5 м/с) во избежание «проскока» ингредиента. Поэтому для очистки больших объемов газовых выбросов необходимо применять адсорберы значительных размеров.

Для достижения высокой степени очистки иногда применяется двухступенчатый вариант адсорбции, особенностью которого является то, что очищаемый вентиляционный воздух проходит последовательно через два адсорбера.

Установки с неподвижным слоем адсорбента имеют существенный недостаток - низкую скорость прохождения очищаемого воздуха через слой сорбента. Это в свою очередь приводит к недостаточной производительности таких установок.

Для увеличения производительности адсорбционных установок применяют процессы с движущимся и с кипящим (псевдооживленным) слоем сорбента.

В промышленности рекуперационные установки с движущимся и с кипящим слоем получили ограниченное распространение из-за недостаточной механической прочности применяемых адсорбентов и сложности используемого при этом оборудования.

Эксплуатационные расходы на проведение адсорбционно-десорбционного процесса очистки газовых выбросов определяются в основном затратами на регенерацию адсорбента. В настоящее время широкое применение находят адсорбционно-окислительные установки газоочистки где в качестве десорбирующих агентов применяются продукты факельного сгорания газообразного топлива, водяной пар низкого давления и инертный газ. Выбор регенерирующей среды зависит от ряда факторов, каковыми являются ее доступность, теплосодержание, содержание окислителя, температура самовоспламенения насыщенного углеродного сорбента и технологические особенности основного производства.

В заключении к описанию адсорбционного метода очистки газовых выбросов необходимо добавить, что он является эффективным в том случае, если газовые выбросы отличаются несложным составом, а также малой практической ценностью утилизированных компонентов.

## СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ ДЛЯ МЕМБРАННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКИХ СМЕСЕЙ

Фогель А.А. – студент, Шашков Ю.И. – к.т.н., доцент, Сомин В.А. – ст. преподаватель  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В последнее время мембранные методы разделения получили распространение в различных отраслях промышленности. Мембранные системы долгое время были сложны и дороги и использовались в основном для небольших прикладных задач. В последние годы произошел качественный скачок в производстве мембранных материалов и мембранных систем, что привело к значительному снижению их стоимости и открыло дорогу к широкому их применению.

В настоящее время мембранные технологии развиваются по двум направлениям.

Первое направление – очистка поверхностных и подземных вод без снижения общего солесодержания. Оборудование включает в себя микро- и ультрафильтрационные мембраны.

Второе направление – очистка вод со снижением общего солесодержания. В состав оборудования входят обратноосмотические и нанофильтрационные элементы.

Одной из перспективных областей применения мембранных технологий является энергетика [1]. Это вызвано как технологическими преимуществами мембранных методов, так экономическими и экологическими причинами. Одним из эффективных методов, применяющихся для обессоливания при подготовке воды для паровых котлов, является метод обратного осмоса. Современные обратноосмотические мембраны задерживают, кроме ионов солей, и органические молекулы, и силикаты. За последнее время в практику водоподготовки энергетических объектов широко стали внедряться и такие мембранные методы как ультрафильтрация и нанофильтрация.

В области мембранных технологий проводимые научные исследования направлены на модифицирование поверхности нанофильтрационных мембран, стойких к загрязнению коллоидными и органическими веществами. Исследования ведутся и в области расширения сферы применения мембранных методов – использования их для «прямой» очистки вод из

поверхностных источников, уменьшения чувствительности мембран к загрязнению взвешенными веществами. В частности, фирма NORIT (Нидерланды) уже использует аппараты, которые могут работать на поверхностной воде без ее предварительной обработки [1].

Последними разработками в области обратноосмотических и нанофильтрационных мембран являются композитные мембраны с селективным полиамидным слоем [2]. Достоинствами полиамидных мембран является то, что они работают в широком диапазоне рН (2-12) и способны давать высокую производительность при более низком давлении по сравнению с другими мембранами.

В РХТУ им. Д.И. Менделеева разработаны керамические мембранные фильтрующие элементы КМФЭ в виде пористых трубок с изотропной и анизотропной структурой [3]. КМФЭ обладают рядом характеристик, которые делают их уникальными даже среди существующих на мировом рынке аналогов: толщина стенки трубчатого керамического фильтрующего элемента равна 1мм (у лучших аналогов - не менее 2,5мм); большая рабочая поверхность фильтра за счет использования фильтрующих трубок с диаметром пор до 8 мм; высокая разделяющая способность, проницаемость и селективность; возможность использования для тонкой, сверхтонкой и ультратонкой очистки жидких сред.

В настоящее время все больше внимания уделяется разработке биомембранных технологий. Данные технологии максимально используют достоинства биологических и мембранных методов. Мембранное разделение, являясь элементом технологической цепочки, включается непосредственно в процесс биологической очистки сточных вод вместо вторичных отстойников [4]. Использование микрофильтрационных мембран в сочетании с биотехнологическими методами обеспечивает задержание всех взвешенных веществ и части растворимых компонентов сточных вод в биореакторе, задержание бактерий и вирусов, полное разобщение времени пребывания воды в реакторе с временем пребывания твердой фазы. В России ведутся интенсивные исследования по всем основным направлениям применения биомембранных технологий: биологическая очистка городских и промышленных сточных вод, доочистка сточных вод, очистка поверхностных природных вод.

Одной из передовых разработок в области разделения жидких сред является аппарат с двухслойными пластичными мембранами ТРУМЕМ ТМ [5]. Данные мембраны обладают высокой механической прочностью и пористостью, а также очень высокой производительностью. Они не подвержены воздействию каких-либо бактерий и проявляют стойкость к агрессивным средам. Для этих мембран предложена специальная конструкция мембранного аппарата. Конструктивное исполнение мембраны - в виде тонкой (0,2 мм) двухслойной пластины. Нижний слой - пористая нержавеющей сталь, верхний слой - пористая оксидная керамика. Аппараты с новыми мембранами могут найти применение в следующих областях: разделение водомасляных эмульсий; регенерация моющих растворов после очистки деталей механизмов, моторов, емкостей и т.п. Кроме того, возможно их использование для очистки сточных вод пищевой промышленности, для осветления и стерилизации жидких пищевых продуктов, в водоподготовке, для концентрирования продуктов химического, микробиологического синтеза, лекарственных препаратов, растворителей и агрессивных жидкостей.

Таким образом, в настоящее время развитие мембранных методов разделения происходит как по пути увеличения номенклатуры разделяемых смесей, так и в области модификации материала мембран.

Литература:

1. Использование мембранных технологий в системах водоподготовки энергетических объектов /А.Т. Петров, Е.Б. Юрчевский // Энергосбережение и водоподготовка. №5, 2005 г. С. 10-11.

2. Электронный ресурс. <http://www.waterlab.ru>

3. Компактные установки для удаления взвешенных, растворимых и бактериальных примесей при водоподготовке /Ильин В.И. //Энергосбережение и водоподготовка. №1, 2004 г. С. 16-17.

4. Теоретические и технологические аспекты применения биомембранных технологий глубокой очистки сточных вод /Швецов В.Н., Морозова К.М., Нечаев И.А., Киристаев А.В. //Водоснабжение и санитарная техника. №12, 2006. С. 25.

5. Электронный ресурс. <http://www.sibpatent.ru>

### ПЕРСПЕКТИВНАЯ МАССООБМЕННАЯ ТЕХНИКА

Мелехина Н. Н. – студент, Шашков Ю. И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В современной науке и промышленности очень широко используется массообменная техника. Без современных высокотехнологичных аппаратов невозможно осуществить практически ни один производственный процесс на химическом предприятии и проводить научные исследования в области массообменных процессов. Все большее применение находят универсальные массообменные аппараты, предназначенные для проведения сразу нескольких массообменных процессов.

#### **Аппарат вибрационный для проведения массообменных процессов типа АВС**

Предназначен для проведения в непрерывном или периодическом режиме массообменных процессов сорбции, экстракции, кристаллизации, промывки и т.д. в системах “твердое тело - жидкость”. Рекомендуются для использования в кондитерской и пищевой промышленности.

#### **Тарельчатые массообменные аппараты**

Аппараты с тарелками различных конструкций широко используются для решения многообразных задач промэкологии: очистки отбросных газов при организации газооборотных циклов, очистки газов от пыли, конденсации целевых продуктов из отходящих материальных потоков и т.д. Специфика работы тарельчатых аппаратов для этих процессов определяется необходимостью создания тарелок, обладающих крайне низким гидравлическим сопротивлением и малым брызгоуосом при высоких скоростях газа в поперечном сечении колонны, а также, обеспечивающих очистку больших количеств газа незначительным количеством жидкости.

#### **Вибрационные конвективные сушилки**

Одно из перспективных направлений в совершенствовании сушильного оборудования – создание аппаратов с активными гидродинамическими режимами, в которых достигается значительная интенсификация процессов тепло и массообмена. К наиболее эффективным аппаратам с такими режимами работы относятся сушилки псевдооживленного слоя различных модификаций. Сущность процесса тепловой обработки состоит в том, что при продувании, размещенного на распределительной решетке слоя сыпучего зернистого продукта сушильным агентом (горячим воздухом), продукт переходит в полувзвешенное состояние и приобретает свойство текучести. В этом состоянии слой разрыхляется и интенсивно перемешивается, благодаря чему, все частицы материала равномерно омываются сушильным агентом. Вследствие этого перемешивания, а также взаимного контакта отдельных частиц происходит выравнивание температуры в объеме слоя, что особо важно при сушке термолабильных продуктов. Можно отметить, что благодаря указанным особенностям процесса, эффективность сушки, а также достигаемые качественные показатели обрабатываемых продуктов в аппаратах псевдооживленного слоя значительно выше, чем в традиционно используемых барабанных, шнековых, туннельных и ленточных сушилках.

Существующие сушилки псевдооживленного слоя подразделяются на аппараты стационарно кипящего слоя и виброкипящего слоя.

### **Кавитационно-вихревой абсорбер**

Проведенный литературный анализ показал, что на практике отсутствуют в промышленности абсорберы, работающие на принципах кавитационно-вихревых эффектов. В предложенном аппарате достигается многократное взаимодействие жидкой фазы с тангенциально движущимся газовым потоком за счет вихревого эффекта. При этом жидкую фазу подвергают сжатию в газожидкостном диспергаторе, по выходе из которого жидкость контактирует с тангенциально движущимся газовым потоком с последующим многократным взаимодействием подаваемой парциально по всей длине аппарата свежей жидкой фазы.

Корпус снабжен завихрителем в виде шнека, число заходов которого определяется расчетным и опытным путем, закрепленного опорами с обоих концов оси.

В корпусе расположены патрубки для подачи жидкой фазы по всей длине аппарата.

Газожидкостная смесь, пройдя завихритель, через патрубок выводится в сепарацию.

Литература:

1. [<http://www.reltec.biz/>]
2. [[http://www.consist.ru/st\\_mol\\_ki.shtml](http://www.consist.ru/st_mol_ki.shtml)]
3. [[http://chemtec.ru/ht/anons4\\_2006.asp](http://chemtec.ru/ht/anons4_2006.asp)]
4. [<http://db.informika.ru>]

### **ПЕРЕРАБОТКА ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ КОКСОВАНИЯ**

Олейникова С.Ю. – студент, Горелова О.М. – к.т.н., доцент, Певнева И.А. – аспирант  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

При коксовании угольной шихты наряду с коксом, образуется ряд продуктов, обладающих высокой потребительской ценностью. Основными из них являются сырой бензол и каменноугольная смола.

Сырой бензол (СБ) его улавливают из коксового газа поглотительным маслом в бензольном отделении. Основную массу (СБ) составляют всего лишь несколько ароматических соединений - бензол, толуол, ксилолы, триметилбензолы. Сам по себе СБ не имеет практического применения, но отдельные его компоненты очень важны для народного хозяйства и ценность их весьма велика.

Получаемая при коксовании каменных углей смола очень сложна по своему составу – в настоящее время в ней определено свыше 300 отдельных соединений. Обязательной технологической операцией, которой смола подвергается при промышленной переработке, является разделение ее на фракции – легкую, фенольную, нафталиновую, поглотительную, антраценовую. Во фракциях сконцентрированы подлежащие выделению продукты: фенолы, нафталин, антрацен и др. Легкое масло близко по составу сырому бензолу, поэтому их целесообразно перерабатывать совместно. Фенольная и нафталиновая фракции содержат производные бензола и фенол, нафталин.

Все вышеуказанные полупродукты имеют в своем составе нежелательные при дальнейшем использовании примеси, такие как непредельные и сернистые соединения.

Наличие в сыром бензоле и каменноугольной смоле (КУС) непредельных и сернистых соединений исключает возможность непосредственного получения из них чистых продуктов без предварительной очистки их от этих нежелательных примесей. Объясняется это тем, что даже незначительные примеси серы в бензоле и толуоле, применяемых для некоторых органических синтезов, вызывают быстрое отравление катализатора, а смолистые вещества, образующиеся в результате полимеризации непредельных соединений, обволакивают поверхность катализатора, дезактивируя ее. В связи с этим переработка сырого бензола и каменноугольной смолы должна осуществляться таким образом, чтобы получающиеся бензольные продукты не содержали непредельных и сернистых соединений или же содержали их в очень незначительных количествах, при которых исключено их вредное влияние в процессе производства синтетических продуктов.



Поэтому в любую технологическую схему совместной переработки сырого бензола и фракций каменноугольной смолы обязательно включается предварительная стадия, назначение которой – удалить примеси непредельных и сернистых соединений, а затем переходить к ректификации очищенного сырья и получению товарных продуктов.

Наиболее перспективным методом очистки сырого бензола и фракций каменноугольной смолы является каталитическая гидроочистка, позволяющая наряду с глубокой очисткой от сернистых и непредельных соединений достичь глубокого удаления насыщенных углеводородов.

Сущность процесса каталитической гидроочистки заключается в обработке паров очищаемого сырья водородом или водородсодержащим газом над катализатором с получением бензола и его гомологов и полного гидрирования содержащихся примесей. При этом протекают реакции гидрообессеривания, гидрирования ненасыщенных соединений, гидрирования ароматических углеводородов, гидрокрекинга насыщенных углеводородов, диметилирования гомологов бензола.

Выделение индивидуальных компонентов или их фракций из продукта каталитической гидроочистки сырого бензола и каменноугольной смолы – гидрогенизата - осуществляется методом ректификации, являющимся одним из наиболее эффективных способов разделения жидких смесей на отдельные компоненты.

Целью наших исследований явился поиск альтернативных способов ректификационного разделения гидрогенизата при минимизации энергозатрат, капитальных затрат и количества отходов.

На первом этапе исследований была сформирована база данных из свойств чистых веществ, входящих в исследуемую смесь. Следующим шагом явилось экспериментальное исследование или компьютерное прогнозирование равновесия жидкость-пар в бинарных составляющих сырого бензола и каменноугольной смолы. Экспериментальное изучение проводилось по известной методике на циркуляционном приборе типа Джилеспи. Математическое моделирование парожидкостного равновесия осуществлялось с использованием групповой модели UNIFAC. Полученные данные подвергались математическому описанию, результаты расчетов использовались при моделировании процесса ректификации. В вычислительном эксперименте была проведена параметрическая оптимизация разделительных элементов, критерий которой – минимум энергозатрат при заданном качестве продуктов разделения.

В результате проведенных исследований была предложена ректификационная схема разделения гидрогенизата, состоящая из трех ректификационных колонн, найдены оптимальные параметры работы колонн, оценена экономическая эффективность данной разработки.

## РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ

Кольба М.Г. – студент, Горелова О.М. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Нефтехимическая промышленность - часть химического комплекса, основанная на продуктах переработки нефти и природного газа - принадлежит к числу наиболее быстро развивающихся отраслей. Продукция нефтехимической промышленности находит применение в ряде отраслей, в том числе быстрорастущих (электроника, строительство, машиностроение и, особенно, автомобилестроение), а также в агропромышленном комплексе, медицине, средствах коммуникации, производстве товаров для спорта, отдыха, туризма и т.п.

Нефть - это смесь очень большого числа химических соединений на основе углеводородов, образовавшихся из исходного органического вещества в результате длительного взаимодействия со средой залегания под воздействием многих факторов.

Основными химическими элементами, входящими в состав нефти, являются углерод, водород, сера, азот и кислород.

Повышенные требования к надежности и эффективности работы техники привели к значительному ужесточению эксплуатационных характеристик топлив и смазочных материалов. Законодательные акты по защите окружающей среды поставили задачу получения нефтепродуктов с улучшенными экологическими свойствами. В связи с этим в последние годы значительно повышено качество автомобильных бензинов, дизельных топлив, моторных масел, чему способствовало широкое использование гидрокаталитических процессов и современных присадок, повышающих эксплуатационные и экологические характеристики нефтепродуктов.

Вырабатываемые на нефтеперерабатывающих заводах продукты подразделяют на следующие группы, различающиеся по составу, свойствам и областям применения: топлива - бензины, реактивные, дизельные, судовые, газотурбинные, печные, котельные, сжиженные газы коммунально-бытового назначения; нефтяные масла; парафины и церезины; ароматические углеводороды; нефтяные битумы; нефтяной кокс; пластичные смазки; присадки к топливам и маслам; прочие нефтепродукты общего назначения.

Мини- НПЗ (малотоннажный нефтеперерабатывающий завод) - это производственный комплекс, включающий в себя нефтеперегонную установку с объемом переработки сырья до 150000 тонн в год, емкостный и насосный парк, сливо-наливные эстакады, котельную, систему спутникового обогрева трубопроводов, здания и сооружения для размещения персонала и оборудования, системы управления технологическими процессами, системы противоаварийной защиты, факельную установку, системы надежного энергообеспечения, системы сбора и утилизации промышленных отходов, ремонтную службу, установку пожаротушения, лабораторию контроля качества продукции. Мини-НПЗ относится к особо опасным промышленным объектам.

В состав мини-НПЗ должны входить блоки по переработке газообразных и жидких отходов. В связи с тем, что основным источником отходов является нефтеперерабатывающая установка, существует целесообразность снабжать ее автономной системой сбора и утилизации отходов.

Важнейшей задачей технологии переработки нефти является сведение к минимуму выхода побочных продуктов и отходов производства, а при их получении организация вторичной переработки последних.

Однако вследствие несовершенства технологических процессов образуется значительный объем отработанных реагентов, катализаторов и углеводородного сырья, которые не находят дальнейшего рационального применения. В настоящее время разработаны различные методы утилизации промышленных отходов и переработки их в товарную продукцию, но внедрение таких методов замедляется недостаточной заинтересованностью предприятий, низкой эффективностью работы уже имеющихся установок по утилизации отходов и невозможностью утилизировать некоторые виды отходов.

Проблема безотходной и малоотходной технологии может частично решаться созданием более совершенных комбинированных установок по глубокой переработке нефти, нефтехимических комплексов с более рациональным использованием сырья, расширением ассортимента товарной продукции и соответственно сокращением объема промышленных отходов.

Мини нефтеперерабатывающие заводы в последнее время находят все более широкое распространение. Далеко не все они оснащены эффективными ректификационными установками, позволяющими безотходно перерабатывать нефть, что приводит к образованию значительного количества высококипящих остатков, зачастую несанкционированно размещаемых в окружающей среде. Кроме того, даже при использовании высокоэффективных мини - НПЗ, настройка параметров оборудования проводится, как правило, только при пуске завода. При переходе на сырье других источников значительно ухудшается качество продуктов разделения. Поэтому при изменении качества нефти

необходимо проводить исследования по подбору новых параметров, которые обеспечат получение кондиционных продуктов нефтеперегонки.

Целью наших исследований была разработка ректификационной установки мини – НПЗ, которая позволит получать такие продукты, как нефрас 80/120, бензин моторный, дизельное топливо, котельное топливо. Целевым продуктом в данном случае является нефрас 80/120 ("бензин – галоша"). Изучение процесса ректификации проводилось для нефти месторождения "Майское" (Томская область).

Оценить возможность ректификационного разделения смеси можно с помощью ректификационного анализа или, так называемой разгонки по истинным температурам кипения (ИТК). На основании ее можно судить о качественном и количественном составе разделяемой смеси, а так же о возможном наличии азетропов. Целью разгонки в нашем случае было также определение выхода фракции 80-120°С, соответствующей по составу бензину-растворителю резины.

Разгонка по ИТК проводилась на стандартной лабораторной установке периодического действия при атмосферном давлении. Температура куба колонны и паров дистиллята измерялась ртутными термометрами с ценой деления 0,1°С.

На основании результатов исследований, можно сделать вывод: нефть месторождения "Майское" в большей степени обогащена высококипящими углеводородами (с температурой кипения более 200°С), а выход целевого продукта из данного сырья не превысит 8 % масс.

## РЕКТИФИКАЦИОННАЯ ПЕРЕРАБОТКА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ

Золотухина Е. В. – студент, Горелова О. М. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В процессе коксования каменного угля образуется множество продуктов, основными из них являются кокс, каменноугольная смола, сырой бензол, сульфат аммония, пек.

Получаемая при коксовании каменных углей смола очень сложна по своему составу. В ней содержится свыше 10000 соединений, из которых идентифицировано примерно 500. При этом некоторые из веществ обнаружены из всех сырьевых углеводородных ресурсов только каменноугольной смоле. Выделенные в чистом виде компоненты смолы находят применение во многих отраслях промышленности в качестве важных и необходимых веществ. Их стоимость может превышать стоимость самого кокса. Примером может служить флуорен, вещество являющееся важным полупродуктом в фармацевтической промышленности.

Несмотря на огромную важность отдельных компонентов каменноугольной смолы (КУС), большинство соединений содержится в крайне незначительном количестве, вследствие чего выделение их в чистом виде или даже в обогащенном виде не производится. Сложность состава смолы определяется не только тем, что она является смесью большого количества соединений, но и тем, что эти соединения – углеводороды различных классов: нейтральные ароматические, гетероциклические соединения (сера, кислород и азотосодержащие), фенолы и основания.

Обязательной технологической операцией, которой смола подвергается при промышленной переработке, является разделение ее на фракции, кипящие в более или менее узких интервалах температур, и более или менее однородные по составу и свойствам. Во фракциях должны быть сконцентрированы подлежащие выделению продукты: фенолы, нафталин, антрацен и др. Фракции, полученные при ректификации каменноугольной смолы, подвергаются дальнейшей переработке.

На основе КУС получают следующие продукты: нафталин, антрацен, поглотительное, шпалопропиточное, креозотовое, антраценовое и другие масла, сырье для производства технического углерода и лаков различного назначения, в меньшем объеме получают фенольные продукты, азотистые основания, аценафтен, индол.

Одним из продуктов переработки КУС является шпалопропиточное (креозотовое) масло. Оно используется для пропитки шпал в качестве антисептика. В связи с высокой стоимостью креозотового масла зачастую при пропитке шпал использовали нефракционированную КУС. Такой подход противоречит современным требованиям ресурсосбережения и экологии.

На Барнаульском шпалопропиточном заводе было решено разделять КУС на фракции, одна из которых будет использоваться в технологии пропитки шпал. Одновременно из КУС планируется выделять нафталиновую фракцию, т.к. содержание нафталина в смоле достигает 12%, а стоимость чистого вещества делает технологию его получения рентабельной.

Фракционирование каменноугольной смолы осуществляется методом ректификации. Поэтому целью нашей работы было создать математическую модель ректификационной установки периодического действия, предназначенную для выделения из КУС донафталиновой фракции, нафталиновой фракции. Донафталиновая фракция будет содержать бензолные углеводороды, ее состав соответствует составу сольвента. Тяжелокипящий остаток может быть использован для пропитки шпал. Нафталиновая фракция является полупродуктом для получения нафталина методами кристаллизации, экстракции и ректификации.

В данной работе использованы математическое моделирование и натурный эксперимент для изучения парожидкостного равновесия в бинарных и трехкомпонентных составляющих КУС. На основании математической обработки равновесных данных получена модель фазового пространства, использованная далее в вычислительном эксперименте по ректификации.

В результате исследований был оценен выход донафталиновой, нафталиновой фракции из КУС, найдены оптимальные параметры работы установки, позволяющие при минимальных энергозатратах получить продукты разделения заданного качества.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД ПРОЦЕССА ХРОМИРОВАНИЯ

Левченко А.А. - студент, Сомин В.А. - аспирант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Машиностроительная отрасль является одним из крупнейших источников образования опасных загрязняющих веществ. К наиболее вредным производствам относится нанесение гальванических покрытий, сточные воды которых содержат целый комплекс высокотоксичных соединений, включая соли тяжелых металлов. Попадая в окружающую среду, такие соединения взаимодействуют с другими веществами, в результате чего образуются более опасные соединения. Особенно это относится к ионам тяжелых металлов, которые обладают ярко выраженным эффектом суммации, а также способны включаться через цепь питания в круговорот элементов и концентрироваться в микроорганизмах, растениях, животных и через них попадать в организм человека [1].

Предотвращение загрязнения водоемов сточными водами цехов нанесения гальванических покрытий может быть осуществлено переходом на ресурсосберегающие технологические процессы и производства, а также создание замкнутых водооборотных циклов. Из-за многообразия гальванических процессов на предприятиях в настоящее время чаще всего сточные воды подвергают очистке объединенным потоком, что практически делает невозможным извлечение металлов из образующихся шламов. Для более полной очистки необходимо разделять потоки на высококонцентрированные, образующиеся после ванн нанесения покрытий, и на потоки, содержащие меньшие количества ионов металлов – это стоки ванн промывки.

Хромирование является одной из наиболее распространенных гальванических операций, позволяющей защитить поверхность деталей от преждевременного истирания и коррозии. Стоки ванн хромирования содержат опасные для окружающей среды ионы Cr (VI), ПДК которого для рыбохозяйственных водоемов составляет 0,05 мг/л.

Все это отражает практическую необходимость не только полного извлечения ионов Cr (VI) из сточных вод, но и возврат сырья в производство. В настоящее время в производственной практике для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов применяются реагентные методы, электрохимическая обработка и мембранные технологии.

Чаще всего для этих целей используют реагентный метод, заключающийся в добавлении к раствору соответствующего реагента. Широкое распространение метод получил за счет простоты проведения процесса, относительной дешевизны технологии и малых капитальных затрат. Однако к существенным недостаткам можно отнести введение в смесь нового химического соединения, что требует содержания реагентного хозяйства и необходимость удаления образующихся осадков. Кроме того, из полученного осадка невозможно выделить и вернуть в производство ценные компоненты, вследствие чего теряется большое количество металлов [2].

Внедрение мембранной технологии позволяет не только выделить и вернуть в производство ценные компоненты, но и обеспечить водооборот на предприятии. Основным мембранным методом позволяющим регенерировать промывные воды гальванических производств, является обратный осмос. Данный метод не требует приготовления реагентов для извлечения ионов металлов и относительно мало энергоемок. Недостатком является необходимость предварительной очистки от мелкодисперсных примесей, а также поддержания определённого значения pH среды и строгого соблюдения других параметров, необходимых для нормальной работы установки.

Нами изучалась возможность регенерации ионов Cr (VI) из промывных вод ванн улавливания первой и второй ступени процесса хромирования. Предлагается отведение промывных вод отдельным потоком на установку обратного осмоса, при этом фильтрат возвращается на промывку изделий, а концентрат, после дополнительного упаривания, подается в ванну хромирования. Данная технология позволяет практически полностью исключить сброс сточных вод и сократить потери дефицитного хромового ангидрида.

Для определения оптимальных параметров процесса мембранного разделения промывных вод были проведены исследования на обратноосмотической установке.

В качестве разделяемой смеси использовали модельные растворы бихромата калия с начальными концентрациями 0,5, 5,0 и 50 мг/л. Исследования проводились на двух мембранах (ацетатцеллюлозной и композитной), при этом раствор пропусклся через мембрану в интервале давлений от 0,2 до 4,0 МПа и от 0,2 до 1,0 МПа соответственно для ацетатцеллюлозной и композитной мембран. Опыты проводились в нейтральной (pH=7) и кислой (pH=5) средах. В качестве подкисляющего агента использовали серную кислоту.

Результаты экспериментов показали, что при малых начальных концентрациях ( $C_H$ ) ионов хрома (VI) в воде (0,5 мг/л) более эффективно очистка происходит на композитной мембране (80-95 %) (таблица 1). При концентрации 5 мг/л селективность на ацетатцеллюлозной мембране составила 77-96 %, на композитной – 99,9 %. Исходный раствор с начальной концентрацией в 50 мг/л на композитной мембране очищался примерно одинаково (на 98-99,9 %) при различном давлении. Аналогичный эффект очистки был зафиксирован и на ацетатцеллюлозной мембране в диапазоне давлений от 1 до 4 МПа.

Таблица 1 – Селективность очистки от ионов хрома (VI) на различных мембранах в зависимости от начальной концентрации

Мембрана	Селективность, %		
	$C_H=0,5$ мг/л	$C_H=5$ мг/л	$C_H=50$ мг/л
ацетатцеллюлозная	61,0-74,5	77,8-96,3	97,0-99,9
композитная	80,2-95,6	99,9	98,0-99,9

При изучении влияния кислотности среды на селективность извлечения ионов хрома (VI) было выявлено, что уменьшение pH среды приводит к значительному снижению селективности на обоих типах мембран примерно до 20-30%.

Тем не менее, мембранное концентрирование не решает проблему полной утилизации токсичных компонентов, образующихся в процессе промывки мембранного модуля. Так как промывка осуществляется небольшим объёмом воды с добавлением реагентов, то такие воды необходимо утилизировать. Для восстановления высокотоксичного Cr(VI) до более безопасного соединения Cr(III) нами был исследован способ обработки раствора Cr(VI) на железных стружках в статических условиях. Исследования проводились при концентрациях бихромата калия: 5, 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 и 100 мг/л при навеске стружки массой 30 г. При начальных концентрациях от 5,0 до 45 мг/л наблюдается практически полное восстановление ионов Cr(VI), при более высоких эффективная эффективность снижается до 68 % в случае начальной концентрации 50 мг/л и до 58 % – в случае концентрации 100 мг/л. Также исследовались зависимости начальной концентрации ионов хрома (VI) от массы навески металлической стружки. Было выявлено, что оптимальное количество стружки, обеспечивающее максимальный эффект восстановления, составляет 20 г на 100 мл исходного раствора с концентрацией 100 мг/л. Отработавшая стружка вместе с другими металлическими отходами может быть направлена на утилизацию.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- 1) целесообразно применять мембранную технологию для концентрирования промывных вод ванн улавливания с предварительной нейтрализацией до pH=6,5–7;
- 2) для восстановления ионов Cr(VI) возможно применение железных стружек.

Литература:

1. Зайцев В.Ф., Григорьев В.А., Крючков В.Н. Особенности распределения тяжёлых металлов в органах и тканях живых организмов. // Вестник АТИМРПиХ, 1993. – с. 69–71.
2. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: Учебное пособие. –Барнаул, 2000. – 391 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ВЗВЕСЕЙ

Гурова О.С. – студент, Лебедев И.А. – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Источниками водоснабжения в большинстве регионов страны являются поверхностные воды рек и озер, на долю которых приходится 65 - 68 % от общего объема водозабора [1]. Наблюдаемое в последние годы повсеместное загрязнение поверхностных вод примесями антропогенного и техногенного происхождения обусловлено поступлением в них двух групп стоков: 1) неочищенных и недостаточно очищенных сточных, хозяйственно - бытовых и промышленных вод; 2) талых и ливневых вод с водосборов. Степень загрязнения первой группы зависит от уровня оснащённости предприятий очистными сооружениями, второй - от ряда факторов: площади водосбора, состояния покрытий, режима уборки территории, наличия автодорог, промышленных предприятий, гидрометеорологических факторов и колеблется в широких пределах [2]. Большую долю загрязнений поверхностных вод составляют взвешенные вещества. Они ухудшают качество воды, а также неблагоприятно сказываются на режиме перемещения потока, материале трубопроводов приводя к их заиливанию [3]. Поэтому на сегодняшний день является актуальным усовершенствование технологий очистки воды.

Основную массу взвешенных веществ при водоочистке можно эффективно удалять в сооружениях для отстаивания, оставшиеся загрязнения требуют более тонкой очистки, которую, как правило, осуществляют фильтрованием [4]. Применяемые на сегодняшний день в российской практике водоочистки традиционные фильтровальные материалы характеризуются большим удельным весом, гидравлическим сопротивлением, приводящим к значительным энергетическим и эксплуатационным затратам. В ряде случаев они не способны обеспечивать требуемый эффект очистки. В связи с этим, интенсификация процесса очистки воды невозможна без использования новых фильтровальных материалов, в

качестве которых могут применяться переработанные отходы термопластов, целлюлозы, текстильных материалов, стеклокремнезита, полимерные и минеральные волокна и др.

При выборе фильтровального материала нас заинтересовало базальтовое волокно, так как оно не гниет, не выделяет токсичных веществ в воздушной и водной среде, негорюче, невзрывоопасно, не образует вредных соединений с другими веществами, имеет неограниченный срок годности [5].

Целью данной работы является изучение эффективности извлечения взвешенных веществ из воды с использованием свободно - распределенной загрузки из базальтовых минеральных волокон. Для сравнительной оценки перспективности применения волокнистых материалов параллельно проводилось исследование процесса фильтрования на зернистой загрузке.

Ранее на кафедре химической техники и инженерной экологии АлтГТУ им. И.И. Ползунова проводились исследования по очистке воды от взвешенных веществ, в качестве которых был выбран мел, на плотной загрузке от 150 до 250 кг/м<sup>3</sup>. Однако в этом случае процесс характеризовался резко возрастающим гидравлическим сопротивлением. Поэтому волокно перед загрузкой в фильтровальную колонку было решено подвергнуть стадии предварительной подготовки. Она заключалась в деструктуризации волокна, волокна подвергались механическому разрушению их структуры в небольшом объеме воды. Полученная преобразованная загрузка, названная свободно-распределенной, отличается от плотной укладки значительно меньшей плотностью - от 50 до 100 кг/м<sup>3</sup> [6]. При этом она создает незначительное сопротивление, что позволяет создавать высокий слой материала, через который осуществляется фильтрование. Благодаря своей структуре свободно-распределенная загрузка способна улавливать загрязнения всем объемом, вследствие чего повышается коэффициент использования материала.

В данной работе эксперименты проводили на свободно - распределенной загрузке ( $\rho = 80 \text{ кг/м}^3$ ), масса которой составляла 2,5 г, высота – 5,24 см, и на зернистой загрузке (кварцевом песке), массой 20 г, высотой загрузки 6 см, фракцией от 1 до 2 мм. Скорость фильтрования поддерживали постоянной - 10 м/ч. Фильтрованию через колонку диаметром 29 мм подвергался модельный раствор. Для его приготовления в качестве взвешенных веществ была использована глина. Диапазон исходной концентрации взвесей составлял от 200 до 350 мг/л.

Содержание взвесей в воде определяли фотоколориметрическим методом, который основан на изменении светопропускания в зависимости от мутности воды. Достоинством метода является экспрессность и отсутствие реактивов. Недостатком – невозможность определения содержания примесей в воде до 5 мг/л.

По мере проведения процесса через каждые четыре литра фильтрата фиксировались следующие параметры: потерянный напор на фильтре, начальная и конечная концентрации взвесей и продолжительность процесса фильтрования. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования процесса фильтрования смеси глина – вода на базальтовом волокне и кварцевом песке

Тип загрузки	Объем, л	Удельный объем, л/г	Время защитного действия фильтра, ч	Потерянный напор, мм. вод. ст.	Эффект, %
Базальтовое волокно	60	24	10	25 - 215	90 - 96
Кварцевый песок	48	1,2	8	60 - 96	60 - 84

Из результатов эксперимента можно сделать вывод, что применение базальтовых волокон в качестве фильтрующей загрузки более предпочтительно, чем кварцевого песка,

так как она обеспечивает большой эффект очистки воды от взвешенных веществ, время защитного действия и удельный объем при сравнительно небольшом потерянном напоре.

Литература:

1. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования/ Б.Е. Рябчиков – М.: ДеЛи принт, 2004. – 301 с.

2. Гандурина, Л.В. Очистка поверхностных сточных вод органическими коагулянтами и флокулянтами /Л.В. Гандурина, Л.Н. Буцева, В.С. Штондина // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. №1. – С. 31 – 35.

3. Молоков, М.В. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок/ М.В Молоков, В.Н Шифрин. - М.: Сройиздат, 1977. – 104 с.

4. Николадзе, Г.Н.,. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения/ Г.Н. Николадзе, А.А Кастальский, М.Н. Минц – М., 1984. – 293 с.

5. Вата и материалы из БСТВ: Гигиенический сертификат № 3464-К // Завод минерального волокна.- 1997.

6. Лебедев, И.А. Разработка технологии водоочистки от взвесей фильтрованием на минеральных волокнах/ И.А. Лебедев, В.А. Сомин, Л.Ф. Комарова. // Ползуновский альманах - 2005, №3. – С. 43 – 45.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОАГУЛЯЦИИ, ОТСТАИВАНИЯ И ФИЛЬТРОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЛИНИИ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОАО «АЛТТРАНС»

Келлер Е.А. – студент, Лебедев И.А. – аспирант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На большинстве предприятий производится обезжиривание деталей с целью удаления консервационных масел с их поверхности. Обезжиривание деталей предшествует гальваническому покрытию деталей, сборке и монтажу изделий, получению неразъемных соединений, а именно сварке, пайке и склейке. На ОАО «АЛТТРАНС» г. Барнаула имеется линия обезжиривания овальной трубы от консервационной смазки. В результате этого процесса образуются сточные воды, существенно загрязненные нефтепродуктами, взвешенными веществами и ПАВ.

Для эффективного обезжиривания деталей в воду добавляют различные моющие средства. Моющее действие состоит в удалении жидких и твердых загрязнений с поверхности и переводе их в моющую жидкость при образовании растворов и диспергированных примесей. Жидкие моющие средства, используемые для очистки поверхности деталей, подразделяются на: щелочные соединения, ПАВ и технические моющие средства [1].

Вследствие добавления моющих средств нефтепродукты образуют устойчивые коллоидные системы с водой. Коллоидные и мелкодисперсные частицы при механической обработке (отстаивание, центрифугирование, фильтрование) практически не удаляются, поэтому для очистки сточных вод от этих загрязнений используют процессы коагуляции и флокуляции, которые увеличивают скорость их осаждения [2]. Очищенные такими методами сточные воды используют преимущественно в оборотном водоснабжении промышленных предприятий [3].

Процесс очистки сточных вод реагентными методами состоит из следующих технологических операций: приготовления водных растворов коагулянтов, дозирования, смешения с объемом сточной воды, хлопьеобразования, выделения хлопьев из сточной воды [2].

Одним из важнейших технологических параметров процесса очистки воды коагуляцией является доза коагулянта [3]. Количество коагулянта, необходимого для очистки сточных вод, зависит от вида коагулянта, расхода, состава, требуемой степени очистки сточных вод и определяется методом пробного коагулирования [2].



Настоящая работа посвящена исследованию очистки маслосодержащих сточных вод ОАО «АЛТТРАНС» с применением процессов коагуляции, отстаивания и фильтрации.

Для получения достоверных результатов произведенной очистки необходима качественная и точная методика определения нефтепродуктов и взвешенных веществ в воде. При анализе нефтепродуктов и взвешенных веществ в воде в данной работе использовался гравиметрический метод [4].

Нами исследовались реальные сточные воды линии обезжиривания. Исходная концентрация нефтепродуктов в этих водах составляла  $C_{\text{нп}} = 1745$  мг/л, взвешенных веществ –  $C_{\text{взв}} = 789$  мг/л; реакция среды –  $\text{pH} = 11$ .

Очистку сточных вод проводили следующим образом: образцы воды помещали в цилиндры объемом 500 мл, подкисляли с помощью серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (50 %) для корректировки pH, добавляли определенную дозу коагулянта ( $\text{FeCl}_3$ ), перемешивали, затем отстаивали. После осаждения хлопьев сифоном отбирали пробу воды (350-400 мл) из верхнего слоя, не взмучивая осадок, фильтровали ее и подвергали анализу на нефтепродукты и взвешенные вещества.

На начальной стадии исследований осуществляли подбор количества кислоты, добавляемой для корректировки pH воды. Для этого в цилиндры с образцами воды вносили разное количество (0 мл, 0,5 мл, 1 мл, 2 мл и 5 мл) серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (50 %), доза коагулянта составляла 433 мг/л. Результаты определения оптимального количества добавляемой кислоты представлены в таблице 1, из которой видно, что лучший эффект очистки воды наблюдается при внесении в цилиндр 1 мл кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (50 %).

Таблица 1 – Подбор оптимальной реакции среды

Номер образца	Начальная концентрация взвешенных веществ в воде, мг/л	Начальная концентрация нефтепродуктов в воде, мг/л	Объем серной кислоты $\text{H}_2\text{SO}_4$ , мл	Доза коагулянта $\text{FeCl}_3$ , мг/л	Конечная концентрация взвешенных веществ в воде, мг/л	Конечная концентрация нефтепродуктов в воде, мг/л	Эффект очистки от взвешенных веществ, %	Эффект очистки от нефтепродуктов, %
1	789	1745	0	433,3	789	388,5	0	77,7
2			0,5		67	1	91,5	99,9
3			1		40	0,4	94,9	99,9
4			2		135	0	82,9	100
5			5		81	0	89,7	100

Для определения оптимальной дозы коагулянта в цилиндры с очищаемой подкисленной водой вносили различные количества хлорида железа  $\text{FeCl}_3$ . Результаты эксперимента представлены в таблице 2. Из таблицы видно, что при любой дозе коагулянта эффект очистки от нефтепродуктов составляет от 99,8 % до 100 %. При этом картина очистки от взвесей отличается, здесь максимальный эффект очистки от 88,6 % до 88,8 % наблюдается при дозах от 271 до 379 мг/л. Из соображений экономии можно рекомендовать дозу коагулянта - 271 мг/л.

Исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы: коагуляционная очистка маслосодержащих сточных вод ОАО «АЛТТРАНС» является достаточно эффективной; осуществлен подбор оптимальных количества кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (50 %) и дозы коагулянта  $\text{FeCl}_3$ , которые составили 1 мл и 271 мг/л соответственно; максимальная эффективность очистки воды от нефтепродуктов составила 100 %, от взвешенных веществ - 88,8 %.

Таблица 2 – Определение оптимальной дозы коагулянта

Номер образца	Начальная концентрация взвешенных веществ в воде, мг/л	Начальная концентрация нефтепродуктов в воде, мг/л	Объём серной кислоты H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мл	Доза коагулянта FeCl <sub>3</sub> , мг/л	Конечная концентрация взвешенных веществ в воде, мг/л	Конечная концентрация нефтепродуктов в воде, мг/л	Эффект очистки от взвешенных веществ, %	Эффект очистки от нефтепродуктов, %
1	789	1745	1	217	99,0	0,0	87,5	100,0
2				271	88,0	0,0	88,8	100,0
3				325	90,0	0,8	88,6	100,0
4				379	89,0	0,0	88,7	100,0
5				433	92,0	0,0	88,3	100,0
6				542	107,0	3,6	86,4	99,8
7				650	141,0	1,0	82,1	99,9
8				758	211,0	2,0	73,3	99,9

Литература:

1. Шитова, А.Д. Технология очистки сточных вод предприятий/ А.Д. Шитова, – Нижний Новгород, 2002. – 105 с.
2. Кривошеин, Д.А. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков/Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 160 с.
3. Запольский, А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение./ А.К. Запольский, А.А. Баран. – Л.: Химия, 1987. – 208 с.
4. Лурье, Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод/под ред. Ю.Ю. Лурье. – М. Химия, 1973. – 376с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Буравлев В.О. - студент, Сомин В.А. - аспирант

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Научно-технический прогресс невозможен без создания принципиально новых разработок, которые могут в корне изменить существующие представления о применяющихся технологиях. Одной из важнейших задач в области защиты окружающей среды является создание новых конкурентных технологий, позволяющих достигать высокого эффекта очистки с наименьшими затратами.

В этой связи перспективным представляется использование фотохимической очистки воды, основанной на взаимодействии ряда веществ с оболочками живых клеток. Метод позволяет очищать воду от органических загрязнений и патологической микрофлоры. Активными веществами являются полупроводниковые и диэлектрические наночастицы, полученные посредством разложения газов SiF<sub>4</sub>, SiH<sub>4</sub>, а так же смеси этих газов с NH<sub>3</sub> и CH<sub>4</sub>. Некоторые из этих газов могут быть синтезированы химическим путем, другие, в частности, SiF<sub>4</sub> являются побочным продуктом при производстве обогащенного урана. Разработанный метод может служить альтернативой экологически небезопасному хлорированию и ресурсоемкому озонированию питьевой воды, а также может использован для борьбы с водорослями, предотвращая «зацветания» водоемов.

Для предотвращения образования отложений на стенках трубопроводов в последнее время стала применяться новейшая отечественная разработка – магнитная обработка воды. Магнитный способ очистки довольно давно используется в промышленности. Однако лишь недавно он стал применяться как локальный метод предотвращения образования отложений. Принцип действия основан на воздействии циклического магнитного поля, создаваемого

высокоэнергетическими постоянными магнитами. Под действием магнитного поля концентрация растворенных солей в воде практически не изменяется, но соли жесткости выделяются вместо накипи в виде тонкодисперсного шлама. Магнитный активатор воздействует на растворенные в воде анионы гидрокарбоната, удерживая их в коллоидной форме. Это вызывает процесс кристаллизации непосредственно в массе воды, а не на стенках труб или других поверхностях, например нагревательных устройств.

Другим примером использования волн высокой частоты для очистки воды является способ извлечения ртути из донных отложений. Он основан на обработке осадка на дне водоема ультразвуком, в результате чего ртуть в виде соединений выходит в толщу воды. Затем обработка такой воды производится трансгенными водорослями, которые способны селективно накапливать соединения ртути. Однако эффективность использования этого метода сравнительно невелика и достигает 60 %, но существенным преимуществом его является чрезвычайно высокая скорость очистки, составляющая несколько минут.

Большое количество разработок в настоящее время посвящено модификациям биологических методов очистки. Так, разработан метод локальной очистки сточных вод с использованием искусственных экосистем – биоплато. Они представляют собой участки ландшафта, специальным образом подготовленные для принятия сточных вод и засаженные растительностью. Отличительной особенностью биоплато является возможность очистки воды без предварительной ее подготовки. Использование таких сооружений позволяет достаточно глубоко очищать стоки от различных загрязнений. Кроме того, опыт использования подобных систем в арктических условиях позволяет говорить об успешном их применении в экстремальных условиях.

Разработан сорбционно-биологический метод очистки, основанный на совмещении адсорбционных свойств известных материалов и биологического окисления веществ микроорганизмами. При этом микроорганизмы выращиваются непосредственно на адсорбенте, что уменьшает размеры сооружений. Технология позволяет очищать сточную воду до нормативных показателей.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА ПИЛОТНОЙ УСТАНОВКЕ С БЫСТРОХОДНОЙ МЕШАЛКОЙ

Патанина И.Я. - студент, Потапова Ю.Ю. – студент, Курочкин Э.С. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Эмульсии — дисперсные системы, образованные двумя несмешивающимися между собой жидкостями, и пены, в которых дисперсная фаза-газ распределена в жидкой дисперсионной среде, по ряду свойств весьма близки друг к другу.

Эмульсии широко распространены в природе и находят широкое применение в промышленности. Например, в текстильной, кожевенной, металлообрабатывающей (при обработке различных материалов, предназначена для удаления стружки, смазки поверхностей трущихся деталей и охлаждения режущих инструментов), фармацевтической, пищевой, а также в сельском хозяйстве и дорожном строительстве. Этим обуславливается необходимость количественной оценки ряда важных технологических характеристик этих систем.

Основными проблемами изучения эмульсий являются условия их образования, устойчивости и разрушения.

Целью работы является исследование возможности применения пилотной установки заводского изготовления с быстроходной мешалкой для моделирования технологического процесса, которая отличается от лабораторных установок возможностью масштабирования процесса и задания его параметров.

Эмульсии, подобно другим дисперсным системам, могут быть получены двумя путями: конденсацией паров одной жидкости в другой или диспергированием. Наибольшее

распространение получил второй способ, при котором диспергирование жидкости производится размешиванием, встряхиванием или растиранием.

Полученные эмульсии могут быть устойчивыми или разрушаться во времени путем слияния (коалесценции) отдельных капель. Слияние капель эмульсии уменьшает степень дисперсности частиц и в пределе приводит к полному расслаиванию двухфазной системы. Отсюда вытекает важная проблема устойчивости и разрушения эмульсий.

Обычно устойчивые эмульсии получают в присутствии специальных стабилизирующих веществ, называемых эмульгаторами, образующих на поверхности капель адсорбционные защитные слои, препятствующие слиянию капель.

В работе были получены эмульсии на установке, упомянутой выше.

Установка состоит из реактора объемом 1000 см<sup>3</sup>, электродвигателя мощностью 0,55 кВт, привода мешалки с числом оборотов 2830 об/мин, с питанием на 380 В от сети переменного тока, муфты, предназначенной для передачи крутящего момента от электродвигателя к валу мешалки. Муфта имеет защитный кожух. Рубашка реактора позволяет вести процесс перемешивания с подогревом или охлаждением.

Для погружения мешалки в эмульсию предназначена подпружиненная платформа, которая может перемещаться вертикально.

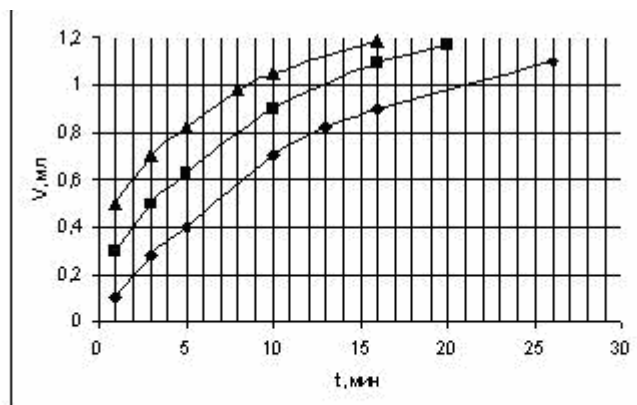
В комплект реактора входит набор мешалок, необходимый для приготовления эмульсий. В комплекте имеются мешалки с плоским штампованным диском и с лопастями, расположенными по краю диска под углом 60° вверх и вниз.

В работе исследовалась зависимость устойчивости эмульсий от концентрации растительного рафинированного масла в воде с использованием стабилизатора каприновой кислоты. Объем эмульсии во всех случаях составляет 250 мл.

Первоначально была изучена эмульсия масло-вода с применением стабилизатора каприновой кислоты. Исходная каприновая кислота - твердое кристаллическое вещество с температурой плавления 40 °С. Полученные эмульсии с применением в качестве стабилизатора каприновой кислоты, расплавленной при температуре 40 °С и растворенной в ацетоне, показали малую устойчивость, так как полностью расслоились за 24 часа.

Последующая серия экспериментов по изучению стабильности эмульсий керосин-вода была выполнена с применением стабилизатора - однопроцентного раствора желатины. При этом соотношение керосина и воды было 50 мл и 200 мл – соответственно. Количество однопроцентного раствора желатины в опытах составляло 5 мл, 10 мл, 40 мл.

Полученные данные показали, что самая стабильная эмульсия образуется с наибольшим содержанием стабилизатора желатины – 40 мл. Стабильность полученных эмульсий определялась одним из известных методов, по скорости самопроизвольного расслоения (разрушения) столба эмульсии. За меру устойчивости эмульсии принимают величину  $\tau/2$  – “полупериод жизни” эмульсии - время, в течение которого отделяется 50% дисперсной фазы. Для ускорения определений образцы помещают в поле центробежных сил, создаваемое центрифугой. С этой целью в две градуированные пробирки вносится пипеткой по 7 мл эмульсии и пробирки помещаются в гнезда центрифуги. Задается скорость центрифуги - 4000 об/мин и замечается время. Через каждые 5-10 мин (в зависимости от устойчивости систем) останавливают центрифугу, и отмечается объем  $V$  отслоившейся сверху углеводородной фазы в мл. Строятся кинетические кривые расслоения эмульсии  $V = f(\tau)$ , определяется “полупериод жизни”  $\tau/2$ . Полученные данные для оценки стабильности эмульсии керосин-вода с содержанием стабилизатора 5 мл, 10 мл, 40 мл представлены на рисунке 1.



◇ – 40 мл желатины, □ – 10 мл желатины, △ – 5 мл желатины

Рисунок 1 – Кривые скорости расслоения водной эмульсии керосина с разным содержанием 1 %-го раствора желатины - стабилизатора

Из рисунка видно, что кривая 1 имеет “полупериод жизни” равный 13 мин, кривая 2 – 10 мин, кривая 3 – 8 мин. Из чего следует, что наиболее стабильной является эмульсия с содержанием желатины 40 мл, т.к. значение “полупериода жизни” наибольшее по сравнению с другими.

В работе применен дисперсионный метод оценки эмульгирующей способности с использованием микроскопа МБС-2 при 16-кратном увеличении.

Целью дисперсионного анализа эмульсий является определение среднего размера частиц дисперсной фазы, а также доли частиц в заданных интервалах размера от их общего количества, т.е. нахождение функции распределения частиц по их размерам.

На данном этапе исследований выполнена только качественная оценка возможности применения микроскопа для дисперсионного анализа. Качественным показателем стабильности эмульсий мы выбрали время слияния капель в поле зрения микроскопа и их размер. При этом исходя из размеров капель следует считать наиболее стабильной эмульсию с содержанием желатины 40 мл, что следует из ниже представленных данных.

Исследовалась эмульсия керосин – вода со стабилизатором желатины. На предметное стекло помещается капля эмульсии и затем замеряются радиусы капель керосина эмульгированных в объеме воды по измерительной шкале микроскопа. В поле зрения микроскопа наблюдались капли с усредненным для эмульсий размерами, мм:

- эмульсия с содержанием желатины 5 мл - 0,5; 0,4; 0,44;
- эмульсия с содержанием желатины 10 мл - 0,1; 0,4; 0,43; 0,44;
- эмульсия с содержанием желатины 40 мл - 0,05; 0,1; 0,25.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРИСТОГО КАЛИЯ ИЗ СИЛЬВИНИТА НА ПИЛОТНОЙ УСТАНОВКЕ КУБОВОГО РЕАКТОРА С ПЛАНЕТАРНОЙ МЕШАЛКОЙ

Карпова Н.В., Безматерных А.Ю. – студенты, Курочкин Э.С. – к.х.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Растворение твердых частиц в жидкостях - один из широко применяемых основных процессов химической технологии (производство органических полупродуктов и красителей, минеральных удобрений и многие другие). Растворение является предпосылкой для ускорения различных химико-технологических процессов, так как в растворенном, и в значительной мере диссоциированном, состоянии увеличиваются подвижность и химическая активность молекул растворенного вещества.

В настоящее время процессы растворения весьма актуальны в промышленности. Например, растворение твердых веществ, перевод которых в раствор позволяет ускорить проведение последующих химических реакций или диффузию растворенных веществ, а также растворение, происходящее в результате химического взаимодействия твердых частиц

и жидкости, например с целью извлечения металлов из руд, получение KCl из сильвинита и др.

Сильвинитом называют породу, состоящую из сильвина KCl (10 - 60 %) и галита NaCl (25 - 70 %) с примесями ангидрита, карбоната магния и глинистых веществ.

Целью работы является разработка и масштабирование технологического процесса переработки сильвинита на хлорид калия методом выщелачивания на пилотной установке с использованием кубового реактора с планетарной мешалкой.

Установка кубового реактора представляет собой конструкцию, состоящую из станины, на которой расположен механизм подъема, привод и емкость с мешалкой. Питание установки осуществляется от сети переменного тока. Привод планетарной мешалки осуществляется от трехфазного электродвигателя типа NRG 80b/4 через клиноременную передачу. Механизм подъема всей системы для установки и смены мешалок состоит из зубчатой рейки и прямозубой шестерни, выведенной на вал и маховик. Скорость вращения мешалки изменяется путем перевода ремня с внутреннего диаметра на внешний диаметр шкивов электродвигателя и редуктора. Для фиксирования положения разъемных колес применяется стопорная гайка. С этой целью колеса шкива сделаны разъемными и подпружиненными. Система герметична. Съемный куб реактора уплотняется с крышкой через резиновую прокладку. В системе предусмотрена вакуумная линия для удаления паров. Разрежение измеряется вакуумметром (0 - 76 см. рт. ст.). В установке предусмотрены два окна: одно для подсветки, другое для наблюдения за ходом процесса. На емкости кубового реактора расположены карманы для датчиков контроля температуры. Планетарная мешалка обеспечивает сложное вращение лопастей как вокруг своей оси, так и вокруг оси аппарата, что способствует эффективности перемешивания и исключает образование застойных зон в объеме реактора. Емкость кубового реактора 6 дм<sup>3</sup>.

В работе использовалась модельная смесь солей KCl и NaCl в соотношении 25 % (вес.) и 75 % (вес.), соответственно.

В лабораторном практикуме традиционно при изучении процесса получения хлористого калия из сильвинита эффективность процесса оценивается аналитическим методом на содержание иона калия в маточном растворе после выщелачивания. Последнее является трудоемким процессом. В работе ставится задача замены аналитического определения калия на определение хлорида калия как конечного продукта по материальному балансу, после выделение его из эвтонического раствора кристаллизацией.

В связи с тем, что опыты проводились на пилотной установке с объемом до 6 литров возникла необходимость в разработке методики как выщелачивания при высокой температуре 100 °С для таких объемов, так и фильтрования также при 100 °С от «шлама» хлорида натрия. Конечный этап состоял в выделении хлористого калия кристаллизацией при комнатной температуре после фильтрования.

Количество хлористого калия, которое должно получаться после кристаллизации согласно расчетам по известной диаграмме растворимости в системе KCl-NaCl-H<sub>2</sub>O при 25 и 100 °С, должно соответствовать максимальному извлечению его из сильвинита. Это и дает возможность заменить аналитическое определение хлорида калия определением его по практическому выходу из сильвинита после кристаллизации.

Соблюдение столь жестких условий по температурному режиму на относительно больших объемах требовало соответствующей методической проработки.

В работе предлагается методика приготовления эвтонического раствора при 100 °С в термостатируемой камере большого объема и методика фильтрования эвтонического раствора насыщенного по хлористому калию при столь же высокой температуре (100 °С) с целью отделения от остатка хлористого натрия. Для этого предлагается использовать изготовленную нами вакуумную установку с большой поверхностью фильтрования. Одновременно возникла необходимость обеспечить обогрев куба реактора и контроль температуры для стадии выщелачивания.

Для проведения комплексного исследования приготавливался эвтонический раствор модельного состава в количестве два литра. Таким образом, в целом технологический процесс состоял из стадий:

- 1) приготовление горячего эвтонического раствора и получение из него маточного;
- 2) выщелачивание измельченного сильвинита горячим маточным раствором, полученным после кристаллизации KCl, при этом из сильвинита в раствор переходит KCl, а NaCl почти полностью остается в отвале;
- 3) отделение горячего щелока от осадка;
- 4) вакуум-охлаждение щелока, сопровождающееся кристаллизацией KCl;
- 5) отделение кристаллов KCl от маточного раствора, сушка;
- 6) нагревание маточного раствора, возвращаемого на выщелачивание KCl из новых порций сильвинита.

Параллельно проводился технологический процесс с такими же стадиями на небольшом объеме изучаемой системы рассчитанный на 100 г эвтонического раствора с целью дублирования.

В таблице 1 представлены расчетные и практические данные по составу модельных маточного и эвтонического растворов и для проведения технологического процесса на первой и второй стадиях.

Таблица 1. Расчетные и практические данные на содержание и выход KCl в модельных растворах

Наименование	Расчетные данные на 2000г, г	Практические данные на 2000г, г	Расчетные данные на 100г, г	Практические данные на 100г, г
Эвтонический раствор при 100 °С				
NaCl	338	338	16,9	16,9
KCl	432,4	432,4	21,62	21,62
H <sub>2</sub> O	1229,6	1229,6	61,48	61,48
Маточный раствор при 25 °С				
Выход KCl	195	249	8,65	9,8
Масса маточного раствора	1827	1603,7	91,35	77,8

Полученные данные свидетельствуют, что масштабирование процесса для указанных выше целей принципиально возможно. Повышенный выход хлористого калия, 249 г против 195 г, можно объяснить за счет погрешностей обусловленных особенностями методики, которые и явились, в том числе одной из задач исследования и которые рекомендованы для последующей доработки с целью совершенствования технологического процесса и получения надежных результатов.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО ИОНООБМЕННО-СОРБЦИОННОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ МИКРОВОЛОКНИСТОЙ МАТРИЦЫ И МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОМИНЕРАЛА**

Кондратюк Е.В. - аспирант, Комарова Л.Ф. – д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Экологическая безопасность современного общества является важнейшим фактором устойчивого развития страны и касается практически всех отраслей народного хозяйства. К числу наиболее опасных для природы процессов относится загрязнение водоемов сточными водами предприятий черной и цветной металлургии, химических и гальванических производств, содержащими ионы тяжелых металлов и другие опасные токсиканты.

Несмотря на многообразие методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов на многих предприятиях остается открытой проблема их оснащенности высокоэффективными сооружениями. Это связано с высокой стоимостью высокоэффективных ионообменных сорбционных материалов и установок, применяемых для очистки.

В настоящее время наиболее распространенными реагентами для очистки воды на многих предприятиях химической, металлургической и др. отраслях промышленности по-прежнему являются неорганические реагенты и коагулянты (соли алюминия и железа, сульфиты), которые применяют самостоятельно или совместно с органическими флокулянтами (ПАА и др.). Недостатки неорганических коагулянтов – необходимость корректировки pH, коррозионная активность, низкая эффективность при пониженных температурах, вторичное загрязнение воды сульфатами, хлоридами и ионами алюминия [1].

Этикой любого современного производства является сбалансированное использование природных ресурсов и экономия энергии, поэтому очистка стоков должна быть не только эффективной, но и экономически оправданной. В данной проблеме весьма перспективными направлениями являются регенеративные методы очистки, такие как ионный обмен и сорбция.

Решение проблемы очистки сточных вод от тяжелых металлов связано с разработкой новых технологий, получением новых наукоемких материалов, способных эффективно извлекать их из сточных вод, позволяющих избежать образования высокотоксичных осадков, провести утилизацию ценных продуктов и улучшить экологические параметры состояния окружающей среды.

Основной задачей является не просто получение высокоэффективного материала, но и поиск оптимальных параметров его производства, а также учет эксплуатации его в промышленности. Следовательно, эти материалы помимо высокой эффективности должны быть в первую очередь конкурентоспособными и рентабельными, только тогда научные исследования могут выйти из плоскости теоретического эксперимента.

В последнее время начинает развиваться такое научное направление как химико-технологический дизайн, основной задачей которого является разработка новых технологий и аппаратов, которые одновременно сочетают несколько технологических процессов. Не являются исключением и природоохранные технологии (отстойники, комбинированные с фильтрами; фильтры с многослойными загрузками и т.д.). Весьма перспективно направление получения сорбентов, сочетающих ионно-обменные, сорбционные и фильтрующие свойства, так называемых “активных фильтров”.

Указанные комбинированные методы позволяют добиваться такой же эффективности очистки сточных вод, что и традиционные, но при значительной экономии энергии и сокращении производственных площадей. Кроме того, в ряде случаев комплексные технологии значительно эффективней и не требуют применения токсичных реагентов для проведения процесса очистки.

Целью нашей исследовательской работы является разработка эффективной технологии очистки воды от ионов тяжелых металлов методом ионного обмена на модифицированных базальтовых волокнах (МБВ).

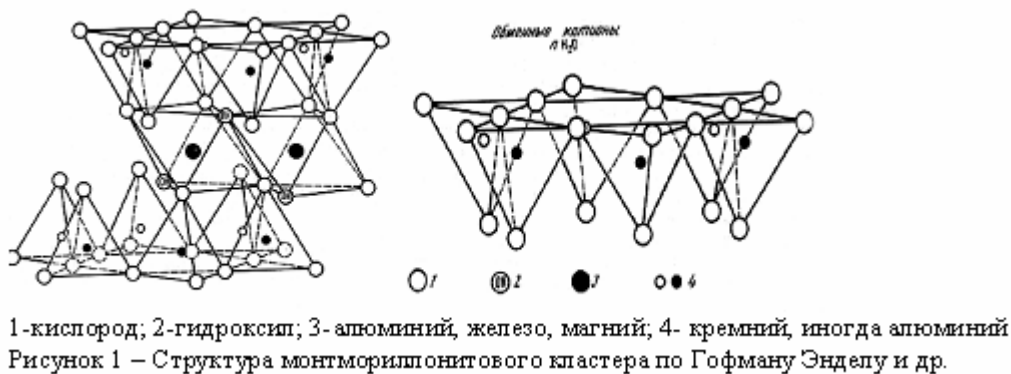
Ранее нами уже проводились исследования по очистке воды на базальтовых волокнах от взвешенных веществ и ионов железа [2]. Как выяснилось, в чистом виде базальтовые волокна (БВ) не могут использоваться для удаления из воды ионов тяжелых металлов, так как слагающие их минералы не имеют пространственных пустот в кристаллической решетке.

Из литературных данных [3] известно, что хорошими ионообменными свойствами обладают бентонитовые глины, которые используются во многих отраслях промышленности (пищевой, строительной, фармацевтической и др.).

Замечательные свойства глинистых пород во многом определяются кристаллохимическими особенностями глинистых минералов и их высокой дисперсностью (то есть чрезвычайно малым размером частиц). Наиболее типичным примером особого кристаллохимического строения могут служить монтмориллонит и смешанослойные



глинистые минералы, которые имеют раздвижную кристаллическую решетку (рисунок 1). При гидратации этих минералов молекулы воды могут входить в промежутки между элементарными слоями кристаллической решетки и существенно раздвигать их. Глинистые минералы обладают высокой способностью к ионному обмену, то есть замене некоторых ионов на поверхности и в кристаллической решетке частиц на ионы, поступающие из раствора. Отмеченные особенности глинистых минералов, совместно с их высокой дисперсностью, а потому и чрезвычайно развитой поверхностью, обуславливают очень большую адсорбционную способность - способность активно поглощать из растворов различные вещества и химические элементы.



Важным также является то, что частицы глинистых минералов, находясь в воде, гидратируются (взаимодействуют с молекулами воды). При этом поверхность частиц обычно заряжается отрицательно и вокруг них притягиваются гидратированные противоионы. В результате этого процесса формируются так называемые двойные электрические слои (ДЭС). Иными словами, при взаимодействии с водой вокруг глинистых частиц образуются тонкие пленки воды, оказывающие колоссальное влияние на свойства глинистых пород[4].

Монтмориллонитовые кластеры, вероятно, можно отнести к наноматериалам, поскольку их длина составляет 14 ангстрем. При гидратации в водной среде высокоразвитая поверхность коллоидальных частиц бентонитов обеспечивается их малым диаметром, который колеблется от нескольких микрон до десятков ангстрем. Ввиду такой дисперсности минерал обладает значительной обменной емкостью - 100 мг·экв/100 г сухого минерала и более [5, 6].

Для проведения экспериментов по очистке свинецсодержащих и хромсодержащих сточных вод использовался полученный нами в лабораторных условиях сорбционно-ионообменный материал «Бентосорб». Основа этого материала - базальтовое волокно – микроволокнистый материал, полученный из расплава горных пород базальтов и ранее не применяемый для целей водоочистки и водоподготовки. Базальтовое волокно - материал, состоящий из ультратонких волокон, получается расплавом базальтовых горных пород и применяется преимущественно для тепло- и звукоизоляции. Он использовался в качестве сорбционной матрицы, представленной в виде хаотично перекрещивающихся волокон диаметром 0,3-0,5 мкм. Для того, чтобы придать материалу ионообменную способность мы обрабатывали его бентонитовым раствором путем гидрохимического механосинтеза. Для этого базальтовое волокно и бентонит обрабатывали и перемешивали с небольшим подкислением, после чего оставляли в течение суток для процесса адгезии бентонита на базальтовом волокне.

Данный материал обладает рядом преимуществ по сравнению с другими: экологическая безопасность, связанная с получением из природного минерального сырья, низкая себестоимость, высокоразвитая удельная поверхность с каталитически активными центрами.

Средняя себестоимость полученного материала составляет 55 руб/кг, эксплуатационные затраты на регенерацию в 2 раза меньше по сравнению с применением ионитов и активированных углей.

По результатам экспериментов была предложена принципиальная технологическая схема очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов на предприятии ОАО “Алтайлюминофор” г. Яровое.

В настоящее время проведены предварительные соглашения с заинтересованными предприятиями города Барнаула и края, а именно с ОАО “Барнаульский завод АТИ”, ООО “Барнаульский водоканал”, ОАО “Алтайхимпром” г. Яровое, ОАО “ТЭЦ-2”. Был заключен договор о научном сотрудничестве с ОАО “Алтайэнергтехремонт” и ОАО “Алтайская сырьевая компания” по проведению исследований промышленного получения “Бентосорба”. Выполняется техническое задание по проекту создания технологии водоочистки от ионов тяжелых металлов для ОАО “Алтайхимпром” г. Яровое.

10 апреля 2006 года нами был получен патент приоритета полезной модели 52573 В01D 24/16, позволяющий применять полученный материал в качестве загрузки в фильтрах для очистки воды от различных загрязнений.

Внедрение данного материала на предприятиях водоподготовки и для очистки сточных вод предприятий Алтайского края позволит значительно сократить эксплуатационные затраты и значительно увеличить эффективность водоочистных мероприятий.

Литература:

1. Акрамов Р.Л., Борзунова Е.А., Плотко Э.Г., Селянкина К.П., Сайченко С.П. Токсикологическая оценка питьевой воды после обработки новыми реагентными материалами. Екатеринбург: Екатеринбургский МНЦ ПОЗРПП, 1998 г, 123 с.

2. Лебедев И.А., Комарова Л.Ф. Совершенствование систем очистки воды с использованием перспективных фильтровальных материалов. Доклады 9-й Международной научно-практич. конференции. Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-9-2003): Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2003. – С. 52–54 .

3. Лебедев И.А., Комарова Л.Ф., Кондратюк Е.В. Очистка железосодержащих вод фильтрованием через волокнистые материалы. Ползуновский вестник. Общая и прикладная химия. Экология. 2004. №4, С.171-176.

4. Мерабишвили М.С. Бентонитовые глины: состав, свойства, использование. М: Атомиздат. 1979. - 188 с.

5. Дистанов У.Г., Михайлов А.С. Природные сорбенты СССР: 1990 – 168 с.

6. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Учебник для вузов.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Химия, 1988 - 464 с.

## ОЧИСТКА КОКСОВОГО ГАЗА ОТ БЕНЗОЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Яковлева В.С. – студент, Кормина Л.А. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Химическая технология твердых горючих ископаемых в экологическом отношении одна из наиболее сложных отраслей промышленности, что обусловлено особенностями производства и масштабами отрасли. Первым этапом любого процесса переработки твердых горючих ископаемых является его добыча. Эта стадия производства неизбежно связана с большими капитальными затратами, отчуждением больших земельных территорий, интенсивными разрушениями ландшафтов, образованием крупных отвалов пустой породы.

Вторым этапом процесса является обогащение углей. При этом кроме концентрата образуется большое количество твердых отходов производства, из которых большая часть приходится на отходы флотации. В водах углеобогатительных фабрик содержится значительное количество выщелоченных из углей солей, органических примесей, а также угольный шлам.

Третьей стадией, также обязательной для любой технологии, является подготовка угля - его окончательное дробление, термическая обработка, сушка, классификация, дозирование. На этом этапе образуется большое количество пыли.

На четвертой, основной технологической стадии, образуются разнообразные отходы. Их количество и состав зависят от спецификации технологического процесса и свойств исходного ископаемого. Коксование сопряжено с выбросами пыли и газа при загрузке шихты в печи и с образованием шлама при мокром тушении кокса. Любой процесс переработки твердых топлив неизбежно связан с образованием сточных вод, включающих влагу шихты, воду, образующуюся при термическом превращении органической массы угля. В тоже время в любом процессе образуются фенолы, аммиак, органические соединения, сероводород, а также цианистый водород. Все это приводит к необходимости тщательной очистки.

Улавливание бензольных углеводородов (БУВ) может быть произведено с помощью твердых или жидких поглотителей, а также путем вымораживания при повышенных давлениях.

Наибольшее распространение в промышленности получил метод улавливания БУВ жидкими поглотителями - поглотительными маслами, в которых происходит растворение БУВ. Выделение сырого бензола из масла производится продувкой острым паром предварительно подогретого масла. При этом из него одновременно с БУВ выделяются легкокипящие компоненты, а также нафталин, улавливаемый одновременно со всеми компонентами сырого бензола. Сырой бензол сам по себе не имеет практического применения, поэтому его передают в цех ректификации для переработки и выделения отдельных составных компонентов. Качество сырого бензола определяется содержанием отдельных компонентов - выходом чистых продуктов, то есть конечных продуктов переработки, и отгоном до 180°C, определяемым лабораторной разгонкой. Выше 180°C отгоняется поглотительное масло и нафталин, которые при последующей переработке сырого бензола являются балластом.

Для учета выработки сырого бензола, а также определения содержания чистых продуктов (бензола, толуола, ксилолов, сольвента) принимается только отгон до 180°C. Углеводороды, кипящие выше 180°C, называются сольвент-нафтой.

Улавливание БУВ маслом производится в скрубберах. В скрубберах масло и газ движутся по принципу строгого противотока. Насыщенное бензолом масло поступает в бензольное отделение, где из него выделяется поглощенный сырой бензол. Лишенное бензола масло после охлаждения снова поступает на улавливание бензола. Таким образом, поглотительное масло все время находится в цикле. Так как с сырым бензолом одновременно выделяется некоторое количество легких погонных масел, то убыль его систематически пополняется соответствующим количеством свежего масла.

В качестве поглотителя для улавливания БУВ на большинстве коксохимических заводов применяется каменноугольное поглотительное масло, являющееся продуктом переработки каменноугольной смолы. На некоторых заводах применяется масло, получаемое при разгонке нефти.

Хорошее поглотительное масло должно удовлетворять следующим требованиям:

1. иметь при низкой температуре высокую поглотительную способность к БУВ, при малой концентрации их в газе при нагреве легко от них освобождаться;
2. обладать достаточной физико-химической устойчивостью, обеспечивающей стабильность поглотительных свойств при длительной его работе;
3. иметь температуру начала кипения значительно выше температуры кипения компонентов сырого бензола для предупреждения попадания поглотителя в состав сырого бензола при дистилляции;
4. иметь оптимальную вязкость, при которой может быть достигнуто равномерное и свободное стекание масла по насадке скрубберов;
5. иметь минимальную теплоемкость, обеспечивающую невысокий расход тепла на нагрев насыщенного масла при дистилляции сырого бензола;
6. масло не должно образовывать с водой эмульсий и должно легко отстаиваться от воды.

Соляровое масло обладает более высокой температурой кипения, и поэтому потери его при улавливании и отгонке бензола меньше, чем каменноугольного масла. Сырой бензол, полученный при улавливании соляровым маслом, обычно обладает большим отгоном до 180°C, чем при улавливании каменноугольным маслом. Однако каменноугольное поглотительное масло по сравнению с соляровым обладает тем преимуществом, что оно является продуктом коксохимического производства и его не нужно транспортировать издалека.

Преимущество применения методов вымораживания и поглощения твердыми поглотителями заключается в получении значительно более чистого сырого бензола из-за отсутствия в нем сольвент-нафты, причем выделение сырого бензола из газа является более полным, чем при улавливании маслами.

В качестве твердого поглотителя применяется активированный уголь, обладающий мелкопористой структурой с сильно развитой поверхностью (1 г активированного угля имеет поверхность 800 м<sup>2</sup>). При пропускании газа через слой активированного угля пары БУВ задерживаются в порах последнего до тех пор, пока не наступит насыщение угля бензолом, которое может достигать до 20% без уменьшения его поглотительной способности. Выделяют поглощенный бензол продувкой угля острым паром. Достижимое при применении активированного угля полное улавливание бензола позволяет применять этот метод для целей лабораторного контроля - для количественного определения содержания бензола в газе. Промышленное применение метода очень ограничено, главным образом из-за необходимости тщательной очистки газа от смолы, масел, сероводорода и нафталина и частично из-за высокой стоимости активированного угля.

Метод вымораживания также не нашел пока практического применения из-за значительного расхода энергии на сжатие и охлаждение газа.

Для интенсификации процесса улавливания бензола и нафталина в производстве внедрен поглотитель, представляющий собой смесь (1:1) каменноугольного поглотительного масла и дистиллята из кубовых остатков. Практика работы некоторых заводов Донбасса показала, что комбинированный поглотитель позволяет извлечь из прямого газа 50-60% нафталина.

Основными факторами, определяющими полноту улавливания БУВ из коксового газа, являются следующие:

1. условия контакта между коксовым газом и поглотителем;
2. плотность орошения насадки;
3. скоростью коксового газа (объемом газа), проходящего в единицу времени через единицу поперечного сечения скруббера;
4. оптимальный интервал температур процесса улавливания 25 – 30 °С;
5. содержание бензола в масле, поступающем на скрубберы.

Выделение БУВ из поглотительного масла осуществляется дистилляцией; оно основано на разности температур кипения БУВ, выкипающих в основном до 180°C, и масла, кипящего при более высокой температуре.

Поглотительное масло - основной компонент в смеси и так как температура кипения его высока, то полное выделение БУВ достигается только при температуре 250-300°C. Такие высокие температуры отрицательно влияют на качество поглотительного масла. Поэтому для снижения температуры процесса дистилляцию ведут с помощью острого пара, который позволяет поддерживать температуру насыщенного бензолом масла перед его поступлением в колонну в пределах для каменноугольного масла 130-140°C, для солярового масла 125-135°C.

Процесс дистилляции осуществляется в аппарате колонного типа. Насыщенное бензолом масло стекает по тарелкам сверху вниз, а острый пар, поднимаясь снизу вверх, барботирует через слой жидкости на тарелках и увлекает за собой пары бензольных углеводородов. Ввод острого пара понижает температуру кипения смеси до 125-140 °С .

Температура кипения смеси зависит от количества вводимого острого пара: чем больше количество последнего, тем ниже температура кипения смеси.

В процессе длительной работы качество каменноугольного поглотительного масла ухудшается: увеличиваются удельный вес и вязкость масла, повышается температура его кипения. Вызывается это отгонкой из масла легкокипящих фракций и процессами полимеризации (уплотнения), происходящими под влиянием содержащихся в коксовом газе кислорода, сероводорода и различных непредельных соединений, частично растворяющихся в масле. Процесс полимеризации ускоряется многократным подогреванием масла при отгонке бензола. Образующиеся полимеры растворяются в масле, повышают его вязкость и ухудшают поглотительную способность.

Для сохранения качества поглотительного масла постоянным, обеспечения чистоты аппаратуры и полного улавливания БУВ применяют паровую регенерацию поглотительного масла и регенерацию в трубчатой печи.

Паровая регенерация поглотительного масла основана на том принципе, что при пропуске больших количеств пара через масло его можно испарить, не подогревая до очень высоких температур, то есть ограничиться паровым подогревом. Густые смолистые соединения каменноугольного масла паром не увлекаются, а постепенно скапливаются в нижней конусной части аппарата, откуда непрерывно периодически выдаются в специальный приемник.

Во втором методе трубчатую печь отапливают газом. При ее работе качество масла поддерживается достаточно высоким, и в этом отношении печь не уступает паровому регенератору. Однако капитальные и эксплуатационные расходы на регенерационных установках с трубчатой печью больше, чем на установках с паровым регенератором. По этой причине трубчатые печи для регенерации масла получили ограниченное развитие, несмотря на то, что они не вызывают коррозии дистилляционных бензольных колонн.

При регенерации каменноугольного масла оказалось возможным не заменять его полностью, как это практиковалось до освоения процесса регенерации, а ограничиться добавлением количества, компенсирующего потери масла в производстве при сохранении его качества постоянным и высоким.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНО-СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ НОВОГО МАТЕРИАЛА, СИНТЕЗИРОВАННОГО ПУТЕМ МОДИФИКАЦИИ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА БЕНТОНИТОВЫМИ ГЛИНАМИ

Ягунов М. А., Назарова М.Г., Портненко Л.В. - студенты, Кондратюк Е.В. – аспирант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Современная наука всё большее внимание уделяет исследованиям в области предельных температур, давлений и размеров. Существует множество технологий получения материалов, каждая из которых позволяет решать конкретные задачи. Исследование и моделирование веществ на микроструктурном уровне позволяет получать новые совершенно уникальные свойства материалов, которые ранее не представлялись возможными.

Приоритетным развитием науки являются исследования в области наноматериалов.

Эта область исследования затрагивает многие области техники, приборостроения, электроники, строительства и др. Не является исключением и применение наноматериалов в решении экологических проблем.

Очистка сточных вод от тяжелых металлов в настоящее время является актуальной задачей. В практике очистки производственных сточных вод в настоящее время находят применение мембранные технологии, электрохимическая обработка, реагентные, биохимические, сорбционные методы очистки. Использование ионного обмена позволяет добиться высокой степени очистки сточных вод, но применение этого метода имеет ряд недостатков. В первую очередь, высокая стоимость ионообменных компонентов (производятся на основе ароматических углеводов) зависит от цены на нефть, которая

постоянно растёт. Во-вторых, существует проблема утилизации высококонцентрированных токсичных элюатов, образующихся при регенерации фильтров.

Использование композитных наноструктурных материалов позволяет избежать перечисленных недостатков. Перспективной разработкой в данном вопросе является применение природного минерального сырья.

Наиболее подходящим материалом является бентонитовая глина, используемая для бурения скважин, осветления вин и в качестве сорбента для очистки сточных вод.

Основным компонентом бентонитов является монтмориллонит, комплексный минерал, обладающий способностью обменивать ионы, находящиеся в растворе, на ионы кристаллической решетки. Однако, применение бентонитовых глин для отстаивания требует много времени, а образующийся осадок сложно отделяется и утилизируется. Данный недостаток можно устранить, нанеся микрочастицы бентонита на базальтовое волокно.

Волокно обладает низким удельным весом, развитой поверхностью и достаточно дешево. Эти неоспоримые достоинства позволяют использовать базальтовое волокно в качестве базового материала.

Глинистые сорбенты содержат в своём составе минералы монтмориллонита, бейделлита, гидрослюды, хлорита, каолина, которые обладают значительной гидрофильностью.

Строение монтмориллонитовых минералов достаточно хорошо изучено и описано в литературе. Теоретическая формула монтмориллонита имеет вид:  $\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n \text{H}_2\text{O}$  и может содержать до 67,7%  $\text{SiO}_2$ , 28,3%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 28,3%  $\text{H}_2\text{O}$ . Однако реальный состав монтмориллонита всегда отличается от теоретического вследствие замещения в решётке кремния алюминием и, возможно фосфором, магнием, железом, цинком, свинцом, хромом и т.д. Наиболее распространённым обменным катионом в бентонитах является  $\text{Ca}^{2+}$ , хотя известны и бентониты, несущие в качестве обменных катионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ . [1]

Монтмориллонит, как основной породообразующий минерал бентонитов, относится к сорбентам с системой ионит-раствор. В процессе адсорбции кристаллические ячейки этого минерала, в зависимости от рода обменных катионов, электронной структуры молекул адсорбата увеличиваются на 3-10 Å. В межпакетное пространство монтмориллонита внедряется один или несколько молекулярных слоёв адсорбируемого вещества. Таким образом, монтмориллонит – микропористый сорбент с изменяющимся в процессе адсорбции размером микропор. Кроме первичной микропористости, обусловленной кристаллическим строением, сорбент имеет вторичные - переходные поры, образованные зазорами между контактирующими частицами. Их радиус, по данным рассеяния рентгеновских лучей под малыми углами и капиллярной конденсации паров, составляет 40-70 Å. Как показывают изменения адсорбции инертных газов и углеводородов, молекулы которых адсорбируются только на внешней поверхности монтмориллонита, поверхность и объём его вторичных пор намного меньше поверхности и объёма первичных пор [2].

Технология получения нового композиционного материала состояла в перемешивании базальтового волокна в бентонитовой суспензии. В результате этого, волокно, представляющее собой матрицу хаотично связанных базальтовых нитей и иголок, в кислой среде покрывалось тонким слоем коллоидных частиц бентонита. Смесь образует достаточно прочный каркас, с низкими показателями по механическому истиранию и разрушению. Предполагаемый механизм процесса модификации базальтового волокна проиллюстрирован на рисунке 1.

Перед адгезией бентонита на базальтовом волокне проводится предварительная содовая активация.

Активацию бентонитов осуществляли перемешиванием в 10% водном растворе бикарбоната натрия и с дальнейшим отстаиванием в течение суток. На верхней поверхности осадка образовывался плотный тонкодисперсный коллоидный слой набухшего сорбента, который отделяли декантацией от грубой фракции.

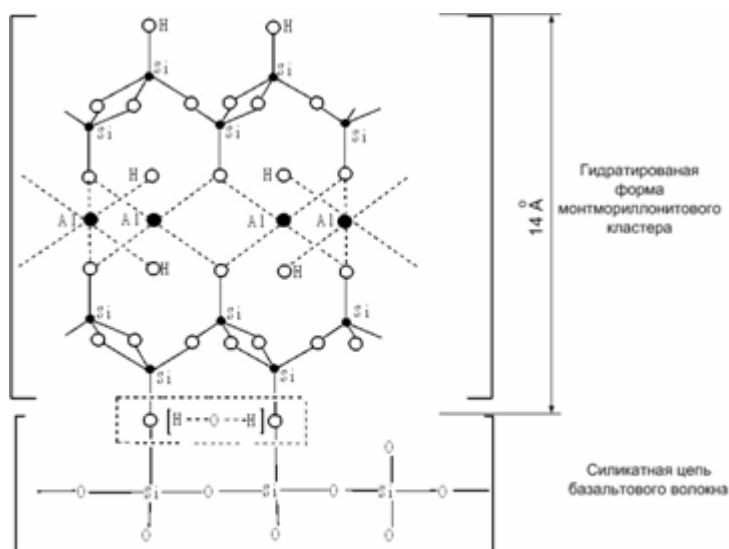


Рисунок 1 – Структура монтмориллонитового кластера, нанесенного на силикатный компонент базальта

Исследования по очистке воды от ионов  $Cr^{6+}$  проводились на пилотной установке (рисунок 2), в которой использовался модуль фильтра «Родник-3М» (рисунок 3) диаметром 90 мм.

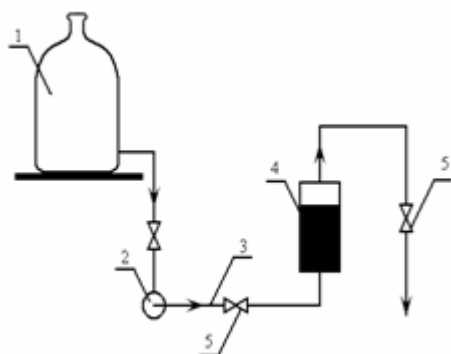


Рисунок 2 – Пилотная установка для изучения процесса очистки воды  
1-емкость;  
2-насос;  
3-трубопровод;  
4-ионно-обменный фильтр;  
5-вентили

Вода, загрязненная ионами хрома (VI), из емкости 1 объемом 20 литров самотеком (или циркуляционным насосом 2) по трубопроводу 3 поступает в ионно-обменный фильтр 4, заполненный «Бентосорбом», где происходит основной процесс очистки.

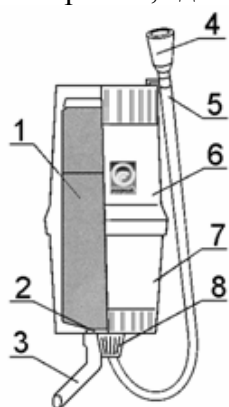


Рисунок 3 – Схема фильтрующего модуля «Родник-3М»  
1-фильтрующий патрон;  
2-резиновая прокладка;  
3-сливная трубка;  
4-присоединительная насадка;  
5-подводящий шланг со штуцером для насадки;  
6-крышка;  
7-корпус;  
8-гайка

При стандартной загрузке фильтра масса «Бентосорба» составляла 60 г, высота слоя 60 мм.

В диапазоне начальных концентраций ионов хрома (от 0,5 до 5 мг/л) в растворе продолжительность фильтроцикла падала от 7 до 0,75 ч при скорости фильтрования 2 м/ч. Несмотря на уменьшение фильтроцикла эффективность очистки оставалась достаточно высокая от 80% до 99%.

На основе полученных результатов проведенных исследований, можно сделать вывод, что новый материал способен эффективно очищать воду от ионов хрома и является перспективным сорбентом для использования в металлургической и химической промышленности.

Литература:

1. Тарасевич, Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки сточных вод. - Киев, 1981. – 357 с.
2. Кузнецов, Ю.В. Основы очистки воды от радиоактивных загрязнений/ Кузнецов Ю.В., Щебетновский В.Н., Трусов А.Г. - М.: Атомиздат, 1974.- 124 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССЕ НИКЕЛИРОВАНИЯ

Лобанова Е.Н. - студент, Сомин В.А. - аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Вода является важнейшим компонентом окружающей природной среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом, который используется и охраняется в РФ как основа жизни и деятельности народов, проживающих на ее территории.

В результате хозяйственной деятельности происходит загрязнение водных объектов – сброс в них сточных вод, а также образование вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают их использование, либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов.

Сточные воды гальванических производств являются одними из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Предельно допустимые концентрации солей тяжелых металлов колеблются от нескольких мг/л до тысячных долей мг/л [1].

Машиностроительная отрасль является одним из крупнейших источников образования опасных загрязняющих веществ. К наиболее вредным производствам относится нанесение гальванических покрытий, сточные воды которых содержат целый комплекс высокотоксичных соединений, включая соли тяжелых металлов.

Никелирование является одним из основных процессов электрохимических покрытий, позволяющих защитить поверхность деталей от преждевременного истирания и коррозии. В состав наиболее широко применяемых ванн никелирования входят три основных компонента: сульфат никеля, борная кислота и хлорид никеля или натрия. Наличие хлоридов является важным условием, а их недостаток неблагоприятно влияет на протекание технологического процесса и отражается на качестве покрытий. Стоки ванн никелирования содержат опасные для окружающей среды ионы  $Ni^{2+}$ , ПДК которого для водоемов рыбохозяйственного назначения составляет 0,01 мг/л, а также большое количество хлоридов, чрезмерное количество которых в окружающей среде ведет к засолению почв и водоемов. Ион двухвалентного никеля, попадая в окружающую среду в виде минеральных солей и других соединений, оказывает сильное негативное влияние на живые организмы, в том числе на человека. Поэтому очистке сточных вод различных производств и утилизации отработанных растворов гальванического производства, содержащих соединения никеля, уделяется большое внимание.

До настоящего времени наибольшее распространение получили методы очистки с использованием химических реагентов, позволяющие перевести токсичные соединения в менее токсичные или практически полностью вывести их из сточной воды в виде гидроксидов, сульфидов и других малорастворимых соединений. Однако реагентный метод, хотя и дает высокую степень очистки, имеет ряд недостатков. Во-первых, он требует содержания реагентного хозяйства, во-вторых, необходимо утилизировать образующиеся осадки, и в-третьих, метод не позволяет вернуть в производство ценные компоненты.

Поэтому в последнее время все большее значение приобретают регенерационные методы, например, обратный осмос. Помимо того, что этот метод позволяет организовать водооборотный цикл на предприятии, он обеспечивается возврат в производство ценных



ресурсов. Кроме того, отсутствие фазовых переходов при отделении примесей позволяет вести процесс при сравнительно небольших расходах энергии. Недостатками метода являются повышенное давление в системе, явление концентрационной поляризации, а также необходимость глубокой предварительной очистки.

Нами была изучена возможность мембранного концентрирования промывных вод ванн никелирования на установке обратного осмоса.

Применение данного метода может обеспечить возврат фильтрата на промывку деталей, а концентрата – в ванну никелирования, тем самым исключив сброс сточных вод и потерю ценных компонентов.

Модельный раствор заливается в буферную емкость, из которой плунжерным насосом по трубопроводу направлялся в ресиверы, которые заполнены исходным раствором и воздухом, компенсирующим пульсирующую подачу насоса. Из ресиверов раствор с постоянным расходом поступал в мембранный модуль, внутри которого, установлена мембрана. На мембранном модуле установлен регулировочный вентиль, которым изменялось соотношение расходов фильтрата и концентрата, и, таким образом, давление в системе. Фильтрат и концентрат возвращались назад в буферную емкость – этим поддерживалась постоянство начальной концентрации.

В качестве модельных использовались растворы с различным содержанием ионов никеля (5, 50 и 100 мг/л) и ионов хлора (100, 200, 300 и 500 мг/л).

Исследования проводились на двух мембранах (ацетатцеллюлозной и композитной), при этом раствор пропусклся через мембрану в интервале давлений от 0,2 до 4,0 МПа и от 0,2 до 1,0 МПа соответственно для ацетатцеллюлозной и композитной мембран.

Результаты эксперимента показали, что наиболее эффективно ионы никеля задерживаются на композитной мембране – селективность в среднем составила 95-99 %. Оптимальный режим работы этой мембраны, при котором наблюдается максимальная степень очистки, находится в диапазоне давлений 0,4–0,6 МПа. Максимальная селективность при очистке от ионов никеля на ацетатцеллюлозной мембране достигается в диапазоне давлений от 1 до 3 МПа и составляет 90 – 95 %.

При очистке от ионов хлора результаты эксперимента показали, что в отличие от ионов никеля, хлорид-ионы на ацетатцеллюлозной мембране задерживаются лучше. При различных концентрациях селективность разделения достигала 75–85 %, на композитной же мембране эффект очистки не превышал 65 %.

Определены зависимости производительности мембран от давления. На основании этого можно сделать вывод о том, что производительность ацетатцеллюлозной мембраны практически не зависит от начальной концентрации загрязняющего вещества в воде, проницаемость же композитной мембраны при увеличении исходной концентрации загрязнителя снижается.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что для очистки от ионов никеля наиболее целесообразно применение композитной мембраны ЭРО–КН–100–475, так как она обеспечивает наиболее высокую степень очистки. Для ионов хлора наибольшая селективность наблюдается на ацетатцеллюлозной мембране.

## ПРОБЛЕМЫ СУХОГО ЗОЛОУДАЛЕНИЯ НА ТЭЦ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Ермолаенков И.В. – студент, Андреева Н.Г. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В последние годы происходит формирование научных основ «большой» мировоззренческой экологии, где задействованы объективные (физическая ограниченность природных ресурсов и биосферы, исчерпаемость невозобновляемых минеральных и энергетических ресурсов, экспоненциальный рост населения и т.п.) и субъективные (возрастание экологической функции государства, принудительных мер воспитания экологической этики и т.п.) принципы.

Современная экология - это наука о сбалансированности всех компонентов биосферы. В настоящее время наблюдается тенденция к повышению экологической безопасности городов, в том числе и от выбросов объектов энергетики.

Энергетика является наиболее крупной отраслью по объемам загрязнения экосистем и среды обитания людей. На долю ТЭС приходится более 1/4 объема всех вредных выбросов, тем более, что установленное на тепловых электростанциях и котельных, золоулавливающее оборудование зачастую не соответствует современным требованиям охраны окружающей среды. Особенно это касается большинства действующих электростанций, оснащенных устаревшим оборудованием.

На ТЭЦ, оборудованных блоками мощностью 200 МВт и более, основным золоулавливающим оборудованием являются электрофильтры, работающие по принципу электростатического осаждения твердых частиц, заряженных электрическим коронным разрядом. Эти аппараты обладают целым рядом преимуществ перед сухими и мокрыми инерционными золоуловителями, но имеют такой недостаток как необходимость резкого увеличения габаритов для достижения максимально высоких степеней улавливания. Так, повышение эффективности золоулавливания с 93% до 99,5% должно сопровождаться двукратным ростом габаритов аппарата.

Одним из путей повышения эффективности существующих электрофильтров является предварительная зарядка частиц золы перед её поступлением в электрофильтр.

ОАО «СибВТИ» разработан вариант малозатратной реконструкции, заключающейся во внедрении системы предварительной ионизации газов, предназначенной для увеличения эффективности улавливания частиц золы электрофильтром. Ионизатор размещается в форкамере электрофильтра на месте второй газораспределительной решетки и представляет собой ряд вертикально установленных расщепителей, между которыми расположены коронирующие электроды, на которые подается высоковольтное напряжение отрицательной полярности от отдельного агрегата питания.

Кроме того для защиты воздушного бассейна от выбросов угольной золы в электроэнергетике широко применяются аппараты мокрой очистки - скрубберы с коагуляторами Вентури, обеспечивающие эффективность улавливания до 94-96%. Увеличение эффективности очистки газов в этих аппаратах достигается за счет повышения степени орошения и увеличения скорости газов в горловине труб Вентури. При этом значительно возрастает гидравлическое сопротивление аппаратов и глубокое охлаждение дымовых газов, что не всегда оправдано с технической и экономической точки зрения.

Для интенсификации процесса коагуляции золы ОАО «СибВТИ» разработан и опробован на электростанциях вариант повышения эффективности мокрого золоуловителя путём механического воздействия на пылегазовый поток и отделения золы и капель в каплеуловителе.

Реконструкция заключается в установке перед трубой Вентури завихривающей решетки, а перед каплеуловителем - направляющей поворотной заслонки. Проведение реконструкции мокрого золоуловителя по этому варианту, позволяет повысить эффективность очистки газов с 94% до 97,6%. При этом гидравлическое сопротивление возрастает только на 20%.

Реконструкция мокрых скрубберов Вентури с коагулятором, путем установки в каплеуловителе сохраняющей крутку, дополнительной полкой вставки, в которой процесс осаждения и смыва золы происходит аналогично, как на стенке каплеуловителя, что позволяет повысить эффективность очистки газов от летучей золы с 95% до 97,8% за счет уменьшения проскока золы частиц через центральную часть каплеуловителя.

Кроме того, на 25% увеличивается связывание оксидов серы из дымовых газов, значительно уменьшается унос золоводяных капель из каплеуловителя. Гидравлическое сопротивление при этом практически не увеличивается.

Приведенные выше способы снижения загрязненности дымовых газов позволяют повысить эффективность их очистки при сухом способе золошлакоудаления и тем самым уменьшить воздействие ТЭЦ на атмосферный воздух.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА СИСТЕМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО ХК «БАРНАУЛТРАНСМАШ»

Бирюкова Н.В. - студент, Полетаева М. А. - к.т.н., доцент.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул).

В последнее время возрастает интерес к процедуре экологического аудита не только у специалистов в сфере образования и науки, но и у индивидуальных предпринимателей, директоров крупных промышленных предприятий, особенно в связи с ориентацией продукции на международный рынок. Прежде всего, это связано с необходимостью обеспечить соответствие выпускаемой продукции международным стандартам качества, стандартам систем управления в области охраны окружающей среды, экологичность продукции и технологий (ISO 9000, ISO 14000, EMAS и т.д.). К тому же, промышленные предприятия обязаны вести свою деятельность с соблюдением экологического законодательства, которое в последние годы все больше ужесточается. Также постоянно возрастает контроль над их деятельностью, увеличивается плата за использование природных ресурсов и за загрязнение окружающей среды (ОС) [1].

В отличие от зарубежных коллег, большинство отечественных предпринимателей не подозревают, какие выгоды экономического, экологического и социального плана может принести профессиональное внедрение и отлаженный механизм работы систем экологического менеджмента и процедур внутренних аудитов. В целом это связано с общероссийской не развитостью рынка экологических услуг, низким уровнем экологической грамотности.

Законодательством РФ экологический аудит определяется как систематическая, документированная, периодическая и объективная оценка функционирования организационной структуры, менеджмента и оборудования через предпринимательскую деятельность физических и юридических лиц, имеющих соответствующую лицензию на ее проведение, направленная в первую очередь на повышение эффективности экологического менеджмента, включая оценку соответствия деятельности предприятия действующему природоохранному законодательству. Экологическое аудирование носит преимущественно добровольный характер, формально строго не регламентировано и с эколого-правовой ответственностью непосредственно не связано, включает в себя комплекс организационных, научных, методических мероприятий (действий), обеспечивающих проведение экологического аудита [2].

Ввиду того, что многие предприятия нашей страны были построены еще в военные годы, за долго до принятия закона « Об экологической экспертизе» в 1995 г, их экологическая ситуация и промышленная безопасность находятся на грани кризиса. Крупные предприятия вынуждены платить огромные штрафы, сверхлимитные платежи, нести огромные издержки по предотвращению последствий загрязнения ОС и аварий, приводящих иногда к человеческим жертвам.

На сегодняшний день на многих предприятиях встает вопрос о специалистах в области экологических аудитов и систем экологического менеджмента, т к для выявления основных причин негативного воздействия на ОС и нивелирования этого воздействия, а также повышения экономической эффективности и экологической безопасности предприятия необходимо проводить систематический комплексный анализ его деятельности.

Для эффективного внедрения систем экологического менеджмента и результативного проведения экологического аудита на конкретном предприятии, необходимо разработать методику с учетом специфики отрасли и видов техногенного воздействия данного предприятия.

К настоящему времени в РФ действует ряд нормативных и методических документов, в том числе и международного характера, регулирующих основные направления и нормативно-правовое ведение экологического аудита. Ведутся разработки схем проведения

разноплановых аудитов [3]. Но все эти документы имеют довольно общий характер, и использовать их в практической работе довольно затруднительно, к тому же многие из них не адаптированы к современному состоянию российской промышленности, в связи с изменением юридических прав собственности, экономического, социального статуса в стране и т.д.

Цель работы - разработка эффективной методики проведения экологического аудита систем водопотребления и водоотведения с апробацией на предприятии ОАО ХК «Барнаултрансмаш», которое относится к предприятиям машиностроительной отрасли. Для достижения данной цели был проведен анализ теоретической информации в области экологического аудита, опыта ведущих специалистов и предприятий, документации данного предприятия.

Предварительно был составлен алгоритм проведения внутреннего аудита на данном предприятии с учетом его организационной структуры рисунок 1.

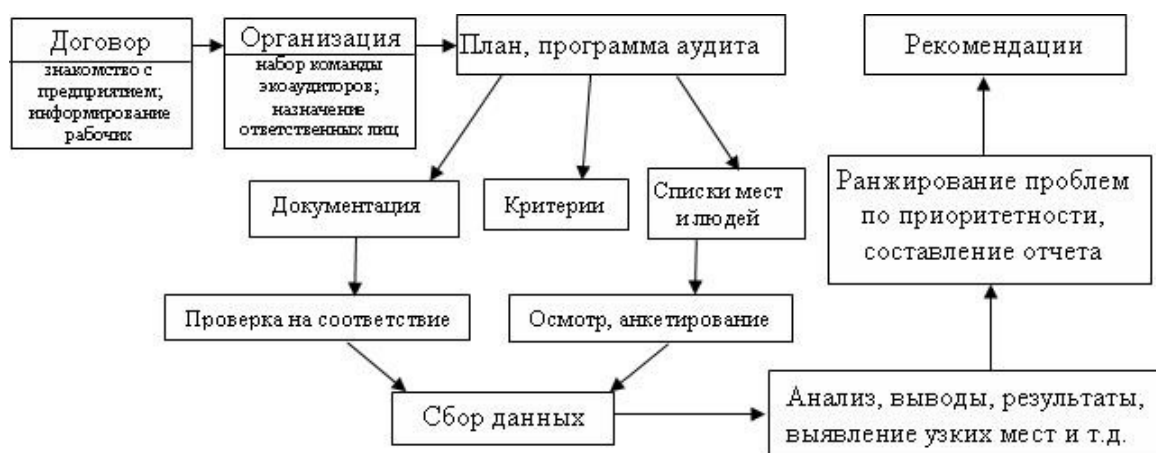


Рисунок 1 – Алгоритм проведения внутреннего аудита на предприятии ОАО ХК «Барнаултрансмаш»

Алгоритм проведения внутреннего аудита систем водопотребления и водоотведения промышленного предприятия включает в себя следующие стадии:

1) Заключение договора между предприятием заказчиком и аудиторской фирмой – исполнителем необходимо для определения обязательств сторон и их ответственности. Ознакомление со структурными подразделениями предприятия должно дать полное представление об информационном обмене между подразделениями и о сферах их деятельности для дальнейшей организации проведения аудита. Определение основных объектов экологического аудита необходимо для конкретизации задач и определения объема работ, в данном случае это системы водопотребления и водоотведения. Оповещение рабочих и управляющего состава о проведении экоаудита для обеспечения соответствующего уровня взаимопомощи и взаимопонимания.

2) Набор команды экоаудиторов из внутренних и привлеченных специалистов, которые в первую очередь должны обладать необходимыми знаниями, владеть навыками работы с людьми и документами, быть достаточно коммуникабельными и эрудированными. Назначение сопровождающих и ответственных лиц за проведение экоаудита в структурных подразделениях. Эти люди должны быть грамотны и находиться на ответственных должностях.

3) Подготовка плана и программы проведения экоаудита обеспечивает контроль и структурирование хода экоаудиторских работ. Критерии экоаудита – это совокупность политик, процедур и требований, конкретизированных в соответствии с деятельностью и целями предприятия, в том числе при анализе системы экологического менеджмента, на примере данного предприятия это совершенствование, оптимизация, улучшение его деятельности как водопользователя и источника загрязнения водных объектов, а также выработка рекомендаций по оптимизации системы управления охраной окружающей среды.

Доступность различного рода документации определяется при заключении договора, включает: перечень необходимых документов по объектам аудита, актов, приказов и т.д. по предприятию за определенный период времени в среднем от трех до пяти лет, мест для визуальных, натурных, обследований, списка лиц для проведения интервью, анкетирования и т.д. После сбора необходимых материалов проводится проверка документации и деятельности предприятия на соответствие критериям экоаудита. Осмотр технологических узлов с целью выявления узких мест, опрос работников, сбор данных и т.д.

4) Подготовка кратких отчетов по каждому пункту программы аудита о проведенной работе, с выделением ключевых моментов, остро стоящих проблем, их анализ и составление предложений по их устранению и улучшению деятельности предприятия.

5) Подведение итогов работы, заключительное заседание группы экоаудиторов с представителями заказчика, включающее:

а) Оценку активности персонала (готовность к сотрудничеству).

б) Оценку ликвидности предоставляемых материалов и их недостаток.

в) Описание грубых несоответствий критериям аудита.

г) Описание «узких мест» и различных нарушений административного, технологического и другого плана.

д) Описание срочных мер и альтернатив, с предложениями по их реализации.

е) Примечания, пожелания, советы и т.д.

Составление обобщающего отчета, совместное обсуждение его с руководством предприятия.

б) Составление списка рекомендаций, с выработкой вариантов альтернативных решений, помощь в организации предупредительных мер и контроль за их осуществлением и т.д. Данный пункт может, но не обязан входить в план аудита как такого, и является по существу дополнительной услугой, рамки которой сложно определить. Нами при проведении аудита были выработаны рекомендации не связанные напрямую с системами водопотребления и водоотведения предприятия, но косвенно на них влияющие.

В ходе работы пришлось столкнуться с рядом следующих сложностей (проблем). Во-первых, большой масштаб предприятия и ограниченный период времени, поэтому основную часть работы пришлось делать за территорией завода, что сопровождалось потерей прямой связи с производством и людьми, возникновением некоторой неопределенности. Во-вторых, разветвленность структуры системы управления, что затрудняло получение необходимой информацией, а также утяжеляло организацию работы большим бумажным сопровождением. В-третьих, данное предприятие закрытое, т.к. является военно-промышленным комплексом, этот факт накладывает отпечаток и на ограниченность основной информации, и на общение с людьми. В-четвертых, это предприятие со старой инфраструктурой, основано в 1942 году, поэтому персонал не имеет полного представления о работе и взаимосвязи технологических структур. В-пятых, низкий уровень экологических знаний сотрудников, рабочих, управляющего персонала, нехватка специалистов затруднял коммуникацию и получение ответов на поставленные вопросы.

Разработанный алгоритм проведения внутренних экологических аудитов может быть с успехом применен и на других предприятиях, различия будут просматриваться лишь в выборе объектов, критериев аудита и методов его проведения, что зависит в основном от масштабов предприятия, его организационной структуры и конечной цели.

Литература:

1 Экологическое аудирование и перспективы его развития в РФ. / Макаров С.В., Шагарова Л. Б. / [www.ecolain.ru/](http://www.ecolain.ru/)

2 Предмет, цели и правовые основы экоаудиторской деятельности./ Серов Г. П.// Инженерная экология, - 2004, - № 5, - с.

3 Развитие методологии экологического аудита промышленных предприятий. / Дайман С. Ю. / [www.14000.ru/](http://www.14000.ru/)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ООО «БАРНАУЛЬСКИЙ ВОДОКАНАЛ»

Сотникова Н.Ю. – студент, Сартакова О.Ю. – доцент, к.т.н.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Целью настоящей работы является реконструкция дренажной системы скорого безнапорного фильтра, а также выбор реагентов и оптимизация их дозы на стадии осветления речной воды.

Обеспечение населения качественной питьевой водой является одной из главных государственных задач, которая приобрела особую актуальность в связи с наблюдающимся практически повсеместно ухудшением общей экологической обстановки и чрезмерным загрязнением водных объектов и источников водоснабжения. На большинстве водоканалов городов России используется типовая схема подготовки питьевой воды, которая состоит из следующих стадий: первичная механическая очистка, предокисление, осветление, фильтрование, дезинфекция.

Основными причинами неудовлетворительного качества воды являются:

- морально и физически устаревшее оборудование, трубы, средства автоматики;
- малоэффективные химические реагенты, используемые на стадии осветления, что не позволяет обеспечить в очищенной воде нормируемое количество остаточных взвешенных веществ;
- вторичное загрязнение воды продуктами гидролиза коагулянтов и остаточным количеством флокулянтов, что не только неблагоприятно отражается на качестве воды, но и сокращает срок эксплуатации сооружения.

Указанные недостатки можно устранить либо уменьшить путем подбора современных более эффективных реагентов и минимизации их количеств - доз.

В настоящих исследованиях определялись оптимальные дозы коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  и флокулянта ВПК-402. Выбор дозы реагентов осуществлялся с учетом мутности воды и ее температуры.

Эксперимент проводили при температуре воды – 10°C, совместном добавлении реагентов (коагулянта и флокулянта) и мутности исходной воды – 22 мг/л, что соответствует паводковому периоду.

Количество раствора коагулянта варьировалась в технически-рекомендованном интервале от 10 до 50 мл на 1 л исследуемой воды, при этом количество раствора флокулянта изменялось в интервале от 1 до 10 мл.

В процессе исследования было установлено, что температура не оказывает существенного влияния на эффект отстаивания.

Определены оптимальные дозы флокулянта, которая составила – 0,4 мг/л., и коагулянта – 200 мг/л. При этих концентрациях, был достигнут наибольший эффект очистки – 98,5 % мас.

Также был проведен литературный поиск и патентная проработка существующих современных дренажных систем фильтровального оборудования. Наибольший интерес вызвали разработки фирм «Экотон», «Рифинг», «Экополимер».

Дренажно-распределительные системы «Экополимер» обладают хорошими эксплуатационными характеристиками: не требуются поддерживающего слоя, стойкие к коррозионным воздействиям, имеют низкое гидравлическое сопротивление, имеют длительный срок эксплуатации без замены. Дренажные системы «Экополимер» эффективно работают практически с любыми видами загрузки. Их окупаемость за счет экономии электроэнергии и промывной воды составляет, в зависимости от местных условий, от 6 месяцев до одного года. Отмеченные технико-экономические характеристики данной дренажной системы позволили признать ее как оптимальную.

## ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СОРБЦИОННО-ИОНООБМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ Cr (VI)

Захватава А.В.- студент, Кондратюк Е. В.- аспирант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

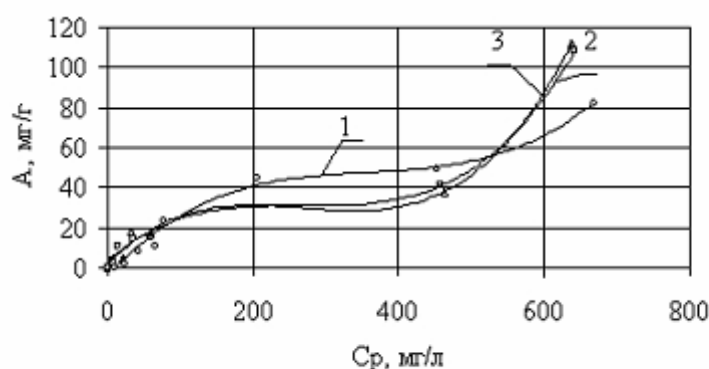
Сброс неочищенных или плохо очищенных сточных вод в водоемы резко усугубил экологические проблемы водных объектов.

Проблема очистки воды от тяжелых металлов и их утилизация может быть решена путем разработки новых технологий, получением новых материалов, способных эффективно извлекать их из сточных вод. С этой целью весьма перспективным является направление получения сорбентов, сочетающих ионообменные, сорбционные и фильтрующие свойства, так называемых «активных фильтров».

Целью настоящей работы является изучение ионообменных свойств новых фильтровально-сорбционных материалов и разработка эффективной технологии очистки сточных вод от ионов  $\text{Cr}^{6+}$ . На кафедре ХТИЭ АлтГТУ был создан базальто-бentonитовый композит, представляющий собой базальтовое волокно с нанесенным на его поверхность бентонитом («Бентосорб»).

Эксперименты по изучению адсорбционных свойств проводились в статических и динамических условиях. Статическую емкость определяли по трем видам бентонитов: серого, смешанного и розового из Таганского месторождения. По данным эксперимента были получены изотермы сорбции ионов хрома (VI), представленные на рисунке 1.

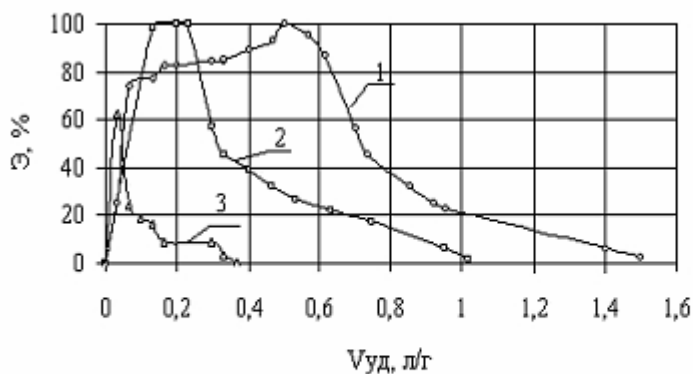
На этих кривых четко отслеживается два участка. На участке с равновесной концентрацией от 0 до 450 мг/л изотермы имеют вид кривых сорбции Ленгмюра, а затем наблюдается резкий рост адсорбционной емкости. Это можно объяснить тем, что на первом участке в процессе сорбции участвовали внешние активные слои бентонитов, а затем в процесс сорбции вовлекались внутренние труднодоступные активные центры. Этот процесс наблюдался при концентрациях растворов больше 450 мг/л, это объясняется дальнейшей адсорбцией, когда ионы  $\text{Cr}^{6+}$  начинают встраиваться в кристаллическую решетку бентонитов и замещать ионы  $\text{Al}^{3+}$ . На данном этапе большей сорбционной емкости достигли бентониты серый и смешанный, а меньшей бентонит розовый.



1- бентонит розовый; 2-бентонит смешанный; 3-бентонит серый

Рисунок 1 – Изотермы сорбции ионов  $\text{Cr}^{6+}$  на сером, смешанном и розовом бентонитах

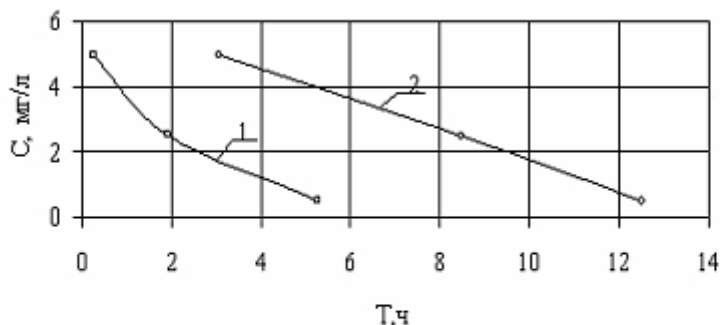
Для изучения динамической обменной емкости «Бентосорб» по иону  $\text{Cr}^{6+}$  был проведен ряд экспериментов на пилотной установке в динамических условиях на неактивированном бентоните (Са-форма). Через колонку пропускался модельный раствор с различными концентрациями хрома: 0,5; 2,5; 5 мг/л. На рисунке 2 представлены результаты эксперимента по эффективности очистки хромсодержащей воды, а на рисунке 3 - по продолжительности фильтроцикла.



Концентрации  $\text{Cr}^{6+}$  в исходной воде:  
 1-0,5 мг/л, 2- 2,5 мг/л, 3- 5 мг/л  
 Рисунок 2 – Зависимость эффективности очистки хромосодержащей воды (Э) на «Бентосорбе» от удельного объема раствора ( $V_{уд}$ )

По полученным данным видно, что наибольший эффект очистки (80%-99%) наблюдался при начальной концентрации раствора 0,5 мг/л и объеме профильтрованной воды от 0,15 до 0,65 литров. При концентрации 2,5 мг/л высокий эффект очистки (99%) наблюдается лишь на протяжении до 0,25 л/г, а при начальной концентрации 5 мг/л эффект очистки не превышал 62%.

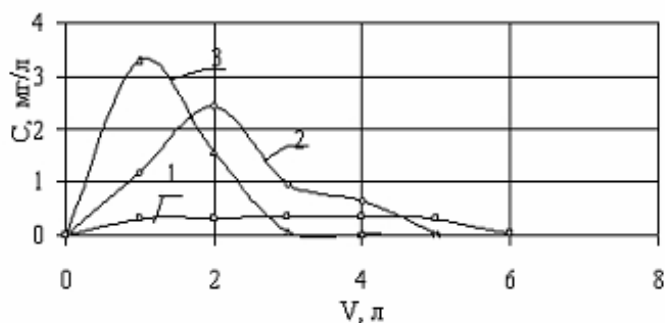
При анализе полученных данных видно, полная обменная емкость и динамическая емкость отличаются в несколько раз и с увеличением исходной концентрации эта разница уменьшается.



период фильтроцикла: 1 - при динамической обменной емкости;  
 2- при полной обменной емкости  
 Рисунок 3 – Зависимость концентрации (C) ионов  $\text{Cr}^{6+}$  в исходном растворе от периода фильтроцикла (T)

Для восстановления сорбционных свойств материала были проведены эксперименты по его регенерации. Данные представлены на рисунке 4. Регенерацию проводили раствором хлорида натрия концентрацией 5 мг/л. Регенерационный раствор, объемом 10 литров пропусклся через отработанный материал со скоростью 0,5 м/ч. Сравнивая расчет количества поглощенного и регенерированного хрома (VI), можно говорить о том, что регенерация «Бентосорба» хлоридом натрия осуществляется в среднем на 15%-20%. Для того, чтобы адсорбированный хром извлекался полностью необходимо подобрать регенерационные растворы.



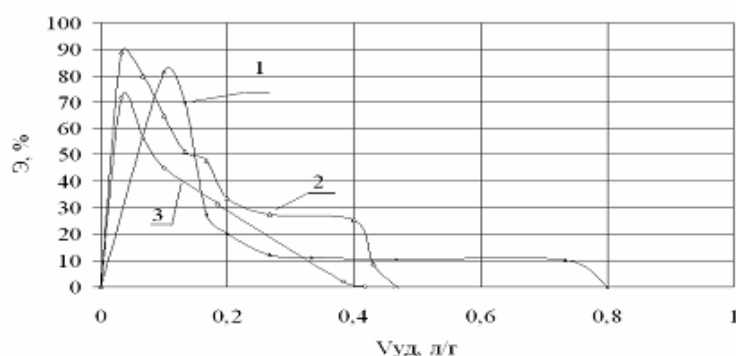


Концентрации  $Cr^{6+}$  в исходном растворе:

1-0,5 мг/л; 2- 2,5 мг/л; 3- 5 мг/л

Рисунок 4 – Зависимость концентрации ионов  $Cr^{6+}$  (С) в регенерационном растворе от объема раствора (V)

Проводились эксперименты по повторной сорбции хрома(VI) из растворов через регенерированный материал (рисунок 5).



Концентрации  $Cr^{6+}$  в исходном растворе:

1-0,5 мг/л; 2- 2,5 мг/л; 3- 5 мг/л

Рисунок 5 - Зависимость эффективности очистки хромсодержащей воды(Э) на «Бентосорбе» от объема пропущенного раствора (Vуд)

При повторном пропускании модельных растворов через регенерированный материал, эффективность очистки снизилась, что привело к сокращению фильтроцикла, что подтверждается рисунком 5. Это связано с тем, что при регенерации адсорбционные свойства материала восстановились неполностью.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для применения нового материала в целях очистки сточных вод от ионов хрома (VI) необходимо подбирать оптимальные условия процесса. Полученные результаты подтверждают сравнительно высокую эффективность очистки сточных вод от ионов  $Cr^{6+}$  и возможность применения нового композиционного материала «Бентосорб» для очистки стоков на промышленных предприятиях.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ НИКЕЛЯ ИОНООБМЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Шнейдер Л.В. – студент, Кухта Н.Б.– студент, Сомин В.А.– аспирант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Существующие проблемы загрязнения водных ресурсов с развитием экологических знаний приобретают все большую остроту. Решение этих проблем затруднено в связи с несовершенством существующих технологий очистки, нерациональным использованием воды и дорогостоящей высокоэффективных технологий.

Сточные воды гальванических производств, содержащие высокотоксичные соли тяжелых металлов, вносят существенный вклад в загрязнение окружающей среды. К таким

стокам относятся промывные воды процесса никелирования. Никелевые покрытия являются одними из наиболее распространенных и широко применяются для защиты изделий из черных металлов от коррозии.

Одними из перспективных методов очистки таких стоков является использование природных минеральных сорбентов – бентонитовых глин, обладающих ионообменными свойствами и при этом достаточно дешевых, экологически чистых и не вызывающих вторичного загрязнения воды. Применение бентонитов позволяет сократить занимаемые площади сооружений и значительно удешевить процесс очистки от ионов тяжелых металлов.

Нами были исследованы сорбционные емкости бентонита Таганского месторождения. На первой стадии эксперимента изучение статической емкости проводили без активации материала. Но результаты показали практически нулевую эффективность сорбции по иону никеля. Тогда на втором этапе было решено предварительно провести их активация с целью освобождения активных центров бентонита для увеличения их ионообменной емкости. Активацию проводили содовым и солевым методом. Результаты проведенных экспериментов в виде изотерм сорбции представлены на рисунке 1. Как видно из рисунка, максимальная статическая емкость по иону никеля составляет 51-52 мг/г для обоих видов активации материала.

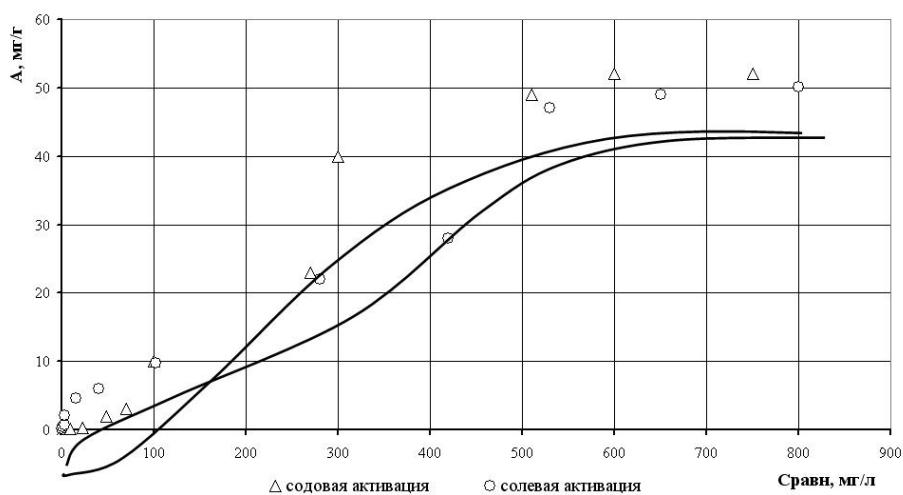


Рисунок 1 - Изотермы сорбции ионов никеля на бентоните

Таким образом, проведенные исследования по изучению сорбционных свойств бентонитовых глин позволяют рекомендовать их для использования в целях доведения до допустимых значений концентраций ионов никеля.