

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ МОДИФИКАЦИИ ШЕЛУХИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА СОРБЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Тимонина А.В. – студент, Пушкарева К.И.– студент, Сомин В.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Вода является универсальным сырьем, которое используется в большом количестве технологических процессов. Как правило, после однократного ее использования в производстве она не соответствует предъявляемым требованиям и поэтому нуждается в очистке. С учетом условий конкретного производства и в зависимости от загрязнений сточных вод, очистка может производиться разными способами.

В настоящее время для очистки воды от соединений металлов широко распространен сорбционный метод. Известно достаточно большое количество адсорбентов, способных эффективно извлекать соединения металлов из воды, однако их применение ограничено высокой стоимостью и требовательностью к параметрам воды, поступающей на очистку. Поэтому большой интерес представляет поиск новых недорогих сорбентов, исходя из наличия сырья для их производства в регионе, а также капитальных и эксплуатационных расходов.

В последнее время большое внимание уделяется технологиям комплексного использования отходов растениеводства, в том числе отходов производства и переработки подсолнечника, гречихи, риса, пшеницы, овса и других культур. Получение на основе данного сырья материалов для очистки воды позволит решить две задачи: утилизацию многотоннажных отходов и очистку воды от различных загрязнений.

В качестве объекта исследований нами были выбраны отходы переработки подсолнечника – шелуха, на которых изучался процесс очистки от соединений меди и определялись их физико-механические свойства.

Первоначально были определены следующие свойства: насыпная плотность, механическая прочность, влажность, зольность и суммарный объем макропор. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства шелухи подсолнечника

Параметр	Значение
Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>	116,8
Механическая прочность, %	98,2
Влажность, %	6,62
Зольность, %	3,02
Суммарный объем макропор, г/г воды	4,62

Как видно, исходный материал имеет достаточно низкую насыпную плотность, при этом механическая прочность довольно велика и сопоставима с прочностью активированных углей марок БАУ и КАУ.

Далее нами изучалась сорбционная способность шелухи по отношению к ионам меди. Для определения концентрации меди в водных растворах использовалась методика [1], основанная на взаимодействии ионов двухвалентной меди с диэтилдитиокарбаматом натрия в слабо аммиачном растворе с образованием диэтилдитиокарбамата меди, крашеного желто-коричневый цвет. Предварительно был построен калибровочный график, представленный на рисунке 1.

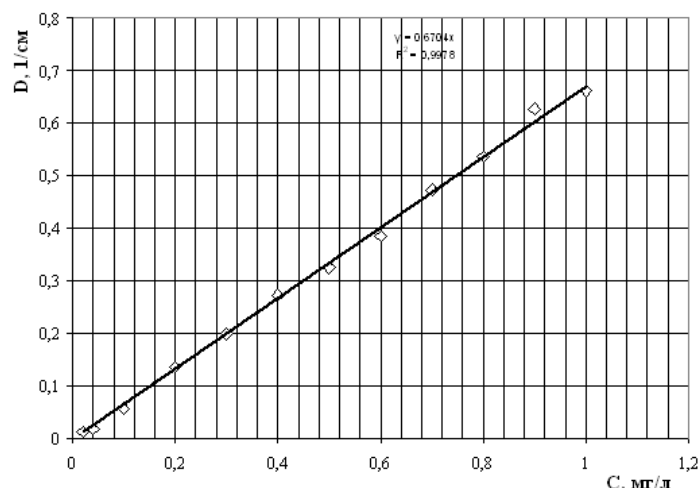


Рисунок 1 – Калибровочный график для определения ионов меди в воде

Для определения статической емкости сорбента были наведены модельные растворы сульфата меди объемом 100 мл с концентрациями ионов меди от 10 до 1700 мг/г. В каждый раствор помещалось по 1 г сорбента, смесь перемешивалась, после чего производилось ее отстаивание и определение остаточной концентрации меди.

Результаты изучения статической сорбционной емкости на исходном материале показали, что максимальное ее значение составляет около 25 мг/г (рисунок 2). Для увеличения сорбционной способности была произведена обработка шелухи двумя способами: раствором гидроксида натрия концентрацией 500 мг/л и соляной кислоты 0,5 н. Было определено, что модификация раствором NaOH приводит к увеличению емкости до 28 мг/г, а обработка раствором HCl не увеличивает емкость, а значительно ее уменьшает: до 18 мг/г.

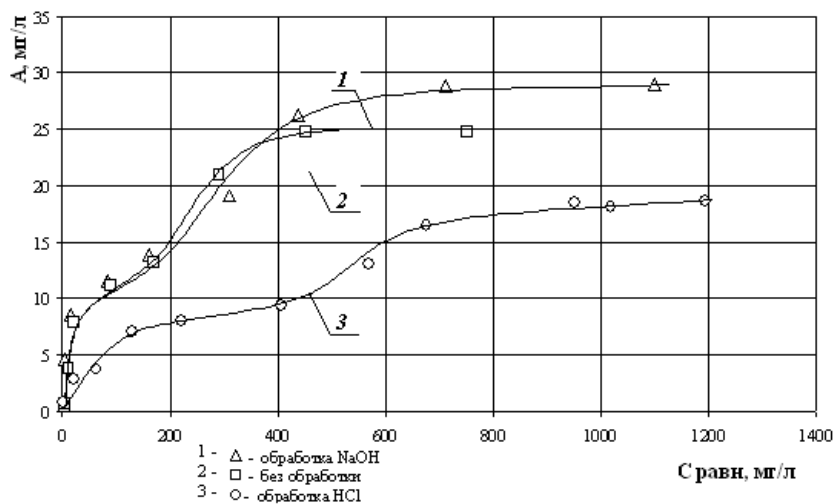


Рисунок 2 – Изотермы сорбции ионов меди на шелухе подсолнечника с обработкой и без нее

Таким образом, можно сделать вывод о способности шелухи подсолнечника извлекать соединения меди из воды, с целью увеличения емкости целесообразна обработка данного материала раствором гидроксида натрия.

#### Список использованных источников

- ГОСТ 4388-72. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди.

## СУБЛИМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИХ СОВРЕМЕННОЕ АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ

Чеснокова К.Е. – студент, Шашков Ю.И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Процессы сублимации и десублимации нашли широкое распространение, начиная с 70-х годов в различных областях науки и техники. Они используются в химической, пищевой, медицинской, металлургической, электронной, текстильной и других отраслях промышленности. В химической технологии применяются при промышленном получении и переработке большого числа различных веществ: антрацена, антрахинона, аценафтена, салициловой кислоты, технического углерода (сажи) и так далее. Изучение процессов сублимации имеет большой научный и практический интерес, так как современные тенденции развития промышленности в нашей стране, а также за рубежом, обуславливают внедрение новейших технологий процессов сублимации и десублимации и их аппаратного оформления. Под термином сублимация понимают переход вещества из твердого состояния непосредственно (без плавления) в газообразное. Сублимация (возгонка) подчиняется общим законам испарения. Обратный процесс – конденсация вещества из газообразного состояния, минуя жидкое, непосредственно в твердое состояние называется десублимацией (конденсацией). Сублимация и десублимация являются фазовыми переходами первого рода. Процессы сублимации и десублимации тесно связаны между собой и часто реализуются в виде последовательно осуществляемых стадий.

Процессы сублимации и десублимации используют для:

- послыного анализа химического состава твердых систем (с использованием метода лазерного испарения);
- нанесения защитных покрытий на микросферы ядерного топлива, на поверхности различных веществ при изготовлении чувствительных датчиков (сенсоров), на поверхности углеродных волокон и изделий из них, а также на металлической поверхности (например, хромирование);
- в технологии полупроводников и сверхпроводников;
- при изготовлении светоизлучающих диодов, оптических световодов.
- записи информации на лазерных оптических дисках;
- создания интегральных схем в микроэлектронике;
- тепловой защиты сверхзвуковых аппаратов;
- создания газодинамических потоков (процессы, протекающие при горении смесевых твердых ракетных топлив, и др.);
- термопереводного печатания (т.е. получения оттисков путем переноса красителя при нагревании с печатной формы на ткань, бумагу, строительные и иные материалы).

Для осуществления процессов сублимации и десублимации необходимо обеспечить ввод в систему твердой фазы и подвод к ней энергии, перемещение пара в газовой фазе, выполнение основной цели (например, разделения компонентов), отвод тепловой энергии при десублимации; выделение продукта на твердой поверхности или в объеме газовой фазы, отделение газа-носителя от оставшегося в виде пара или аэрозоля продукта; поддержание в системе необходимых давления и температуры. Оборудование для проведения сублимационных процессов включает системы нагрева и охлаждения, подачи газовых потоков, вакуумные, транспортирования твердой фазы и управления процессом. Аппараты для собственно сублимации и десублимации чрезвычайно разнообразны: трубчатые (без оребрения и с различным оребрением), полочные (в т.ч. с вращающимися полками), роторные вихревые, колонные с псевдоожиженным слоем, вакуумные камеры и т.д.

Основа расчета таких аппаратов – математические модели, включающие уравнения переноса массы, теплоты и импульса в рабочем объеме для паровой фазы и частиц аэрозоля, кинетические зависимости для разрушения и роста твердой фазы, описание изменения пористой структуры этой фазы и ее поверхностной шероховатости.

Один из важных параметров процессов сублимации и десублимации – количество подводимой (отводимой) теплоты. Для сублимации данный параметр определяется теплотой фазового перехода.

К достоинствам сублимационных процессов можно отнести:

1. сравнительно высокий равновесный коэффициент разделения;
2. возможность в случае использования газовых смесей исключить испарение растворителей (в отличие от абсорбции и ректификации);
3. меньшая рабочая температура (чем при дистилляции);
4. удобство управления процессом нанесения покрытий;
5. возможность получать целевые продукты сразу в товарной форме (дисперсные частицы, монокристаллы, твёрдые плёнки), высокочистые материалы;

В зависимости от назначения сублимационных процессов используют разные технологические схемы их проведения. Типичными примерами технологических схем сублимационных процессов являются схемы очистки различных веществ. Очистка включает простую (однократные сублимация и десублимация) и фракционную сублимацию (многоступенчатая прямо- и противоточная, а также зонная). Простая сублимация может быть вакуумной или с газом-носителем, который удаляется из системы либо рециркулирует в ней. При фракционной сублимации может осуществляться рециркуляция как газообразного, так и твердого носителей, что обеспечивает противоток фаз в сублимационной колонне.

Сублимационной очистке подвергают неорганические ( $\text{HfCl}_4$ ,  $\text{AlCl}_3$ , I<sub>2</sub>, ряд металлов) и органические (антрахинон, бензойная и салициловая кислоты, цианурхлорид, фталоцианины) вещества, материалы для микроэлектроники. К сублимационной очистке относят также разделение изотопов урана. Сублимационная сушка является типичным комбинированным сублимационно-десублимационным процессом. Сублимационную сушку (сушку вымораживанием) используют в производствах капрона, лавсана и полиэтилена; для очистки  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{ZnS}$ , камфоры, пирогаллола, салициловой кислоты и др.; при получении антибиотиков, пищевых продуктов, медицинских препаратов (плазма крови, кровезаменители и т.п.). Сублимационная сушка имеет некоторые недостатки: высокая энергоёмкость, сложное аппаратное оформление. В ряде стран в течение последних лет организован выпуск оборудования для сублимационной сушки и налажено промышленное производство продуктов, высушенных методом сублимации, в том числе: мяса, рыбы, яиц, картофеля, моркови, гороха, цветной капусты, свеклы, фруктов, ягод, фруктово-ягодных соков, блюд и др. Многочисленные работы специалистов в данной области посвящены исследованию процесса сушки в непрерывном режиме и разработке установок, в которых экономия энергоресурсов можно получить путем организации теплообмена с замораживаемым и сублимируемым продуктом, совмещая эти стадии процесса во времени. Представляется перспективным также применение термоэлектрических модулей в установках вакуум-сублимационной сушки, т. к. термоэлектрические модули являются эффективными тепловыми насосами.

Очевидно, что сублимационно-десублимационные процессы играют важную роль во многих отраслях промышленности. Поэтому необходима разработка новейших технологических схем проведения этих процессов и совершенствование их аппаратного оформления.

#### **Список использованных источников**

1. Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А., Носов Г.А. и др. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн.; Под редакцией Айнштейна В.Г. М.: Логос; Высшая школа, 2002. Кн.2. 872с.: ил.
2. Брюханов О.Н., Мелик-Аракелян А.Т., Коробко В.И. Основы гидравлики и теплотехники М.: Инфра-М, 2013. 256 с.
3. Сублимация//[www.xumuk.ru/encyclopedia/2/4247.html](http://www.xumuk.ru/encyclopedia/2/4247.html)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЕЛУХИ ПОДСОЛНЕЧНИКА В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ НИКЕЛЯ

Вторушина О.О. – студент, Субботина Д.А. – студент, Кравченко Н.И. – студент,  
Сомин В.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Интенсивное развитие антропогенных процессов во второй половине XX века привело к резкому обострению экологических проблем, в частности, к загрязнению водных объектов в том числе из-за сброса в них сточных вод. Содержащиеся в стоках загрязняющие вещества ухудшают качество поверхностных и подземных вод, что ограничивает их использование и негативно влияет на состояние водных объектов.

Одними из наиболее опасных загрязнителей являются тяжелые металлы, которые способны накапливаться в организмах и оказывать на них токсическое воздействие. Одними из основных производств, сбрасывающих сточные воды с большим содержанием тяжелых металлов, являются гальванические отделения. В последних ионы кадмия, хрома, цинка, никеля, меди, свинца и др. под действием электрического тока оседают на поверхности обрабатываемых деталей в виде тонкой защитной металлической пленки.

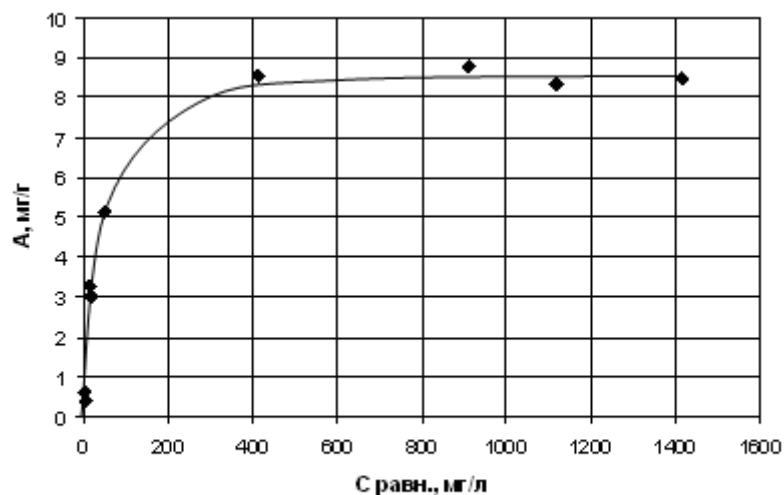
При очистке сточных вод от тяжелых металлов применяют химические (нейтрализация, окисление, восстановление), электрохимические (катодное осаждение, электрокоагуляция, электрофлотация), физико-химические (адсорбция, ионный обмен, обратный осмос) методы, либо комбинацию из нескольких методов. Применяемые технологии очистки можно подразделить на регенеративные, связанные с извлечением примесей, и деструктивные, предполагающие их разрушение. При этом целесообразным является возврат ценных компонентов в производственный цикл.

В настоящее время наиболее эффективными технологиями очистки гальваносточков являются сорбция и ионный обмен. Однако широкого промышленного применения они не получили из-за высокой стоимости применяемых материалов и необходимости их регенерации. В то же время исследования последних лет показывают, что дорогие синтетические сорбенты могут быть заменены более дешевыми природными материалами.

Особый интерес представляет замена традиционных сорбентов на природные материалы, которые представляют собой многотоннажные отходы агропромышленного комплекса. Так, при обмолоте подсолнечника образуется большое количество шелухи (лузги), утилизация которой представляет большую проблему для большинства предприятий. Применение ресурсосберегающих технологий позволяет организовать комплексное использование сырья, в том числе вторичного. Таким образом, приоритетным направлением в использовании образовавшихся отходов является их переработка и применение в качестве сорбентов для очистки сточных вод от тяжелых металлов, в частности никеля.

Сорбционная емкость шелухи подсолнечника изучалась в статических условиях при постоянной температуре 20 °С. Для этого были наведены модельные растворы с содержанием ионов никеля от 10 до 1700 мг/л. В каждый раствор добавлялось по 1 г сорбента. Содержимое колб непрерывно перемешивалось в течение заданного времени, затем производилось отстаивание и анализ осветленного раствора на ионы никеля фотоколориметрическим методом.

Результаты исследования статических характеристик сорбции представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Изотерма сорбции ионов никеля шелухой подсолнечника**

В результате проведения эксперимента было выявлено, что максимальная сорбционная емкость шелухи подсолнечника по ионам никеля составляет 8,5 мг/г, что сопоставимо с емкостью древесных опилок [1]. Поэтому в дальнейшем следует провести исследования по модификации данного материала.

#### **Список использованных источников**

1. Сомин В.А. Исследования по модификации древесных опилок для получения новых сорбционных материалов / В.А. Сомин, В.М. Осокин, Л.Ф. Комарова, А.А. Фогель //Ползуновский вестник №4-2, изд-во ОАО «Алтайский дом печати», 2011. – с. 169-172.

### **ПРОБЛЕМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ АЗПИ НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ СНИЖЕНИЯ**

Кононова Т.В. – студент, Андреева Н.Г. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Алтайский завод прецизионных изделий (АЗПИ) - одно из наиболее крупных предприятий России по выпуску форсунок и распылителей для тракторных, автомобильных и других дизельных двигателей, как серийных с иглой распылителя Ø 6 мм и малогабаритных с иглой распылителя Ø 4,5 мм.

Руководство АЗПИ считает вопросы окружающей среды и безопасности труда столь же важными, как и экономические интересы. Предприятие стремится к уменьшению, вызванного его деятельностью, отрицательного воздействия на окружающую среду: выбросы в атмосферу, сточные воды и отходы производства.

Экологическая безопасность любого предприятия оценивается уровнем его воздействия на окружающую среду.

Деятельность АЗПИ влечет следующие негативные явления, воздействующие на воздушную среду:

- при обработке металла резаньем образуется металлическая пыль и стружка, (в качестве СОЖ в механообработке используют минеральные масла, их эмульсии и эмульсолы; применение СОЖ при обработке металлов вызывает образование и выделение мелкодисперсного масляного аэрозоля и эмульсона);

- при мойке и обезжиривании деталей: дизельное топливо, керосин, бензин, сода кальцинированная;

- при очистке деталей: масляный аэрозоль (образующийся при нагревании смазок), графит (при штамповке и ковке деталей), пыль;

- технологические операции при обработке поверхностей деталей в растворах, а так же нанесение гальванических покрытий сопровождаются незначительным выделением аэрозоля раствора солей;

- при закалке изделий в минеральном масле, а так же при последующем отпуске в нагревательных печах, под воздействием высокой температуры происходит выделение масляного тумана;

- при пропитке и сушке абразивных кругов раствором ПК на основе бакелитового лака - ксилол, уайт-спирит и спирт этиловый;

- при выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в состав которого входят в зависимости от вида сварки, марок электродов, оксиды металлов и газообразные соединения;

- при работе ДВС отработавшие газы могут содержать оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, диоксиды серы, свинец и его неорганические соединения.

Несмотря на большое количество факторов воздействия, проблема снижения воздействия на атмосферный воздух на предприятии практически решена.

Для уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на предприятии установлены вентиляторы для принудительного удаления газов, циклоны различных марок, пылесадительные камеры. Применение этого оборудования позволяет значительно снизить концентрацию вредных веществ в газе. Всего на предприятии установлено около 21 пылеочистной установки, работа которых позволяет достигнуть эффективной очистки газа, составляющей 70%.

На предприятии имеется хозяйственно-питьевой и технический водопроводы. На производственные нужды вода используется для приготовления СОЖ и мойки деталей, в результате чего образуются технологические сточные воды. Дополнительно сточная вода предприятия формируется за счет атмосферных осадков, собираемых с его территории.

В настоящее время водоотведение сточных вод производится в ливневые колодцы и далее по городскому коллектору в реку Обь. Выпуск расположен в черте города, рассеивающий, русловой, длина рассеивающей части 20 метров. Расчетное количество поверхностного стока составляет 14226 м<sup>3</sup> в год.

Основными компонентами, загрязняющими поверхностный сток, являются нефтепродукты и взвешенные вещества. Нефтепродукты, разлитые на территории и в цехах, убираются регулярно (засыпаются песком, опилками, складываются в производственные емкости).

Очистных сооружений ливневых стоков на предприятии нет. Это приводит к тому, что качество промышленно-ливневых сточных вод предприятия не соответствует нормативам сброса для водоемов рыбохозяйственного назначения (категория р. Обь в черте г. Барнаула), т.к. концентрации нефтепродуктов и взвешенных веществ в сточной воде превышают допустимые в несколько раз.

На предприятии практически во всех цехах установлено оборудование, на котором применяют смазочно-охлаждающие жидкости различного состава. Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), обладая смазывающими свойствами, снижают трение и охлаждают как обрабатываемые поверхности, так и инструменты, используемые в процессе обработки. В процессе приготовления, использования и замены свежеприготовленными растворами СОЖ попадает в пром-ливневые сточные воды.

Для снижения концентрации загрязняющих веществ в стоках предприятия необходима очистка воды перед выпуском в водоем (р. Обь).

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов, взвешенных веществ и СОЖ в основном применяются механические, физико-химические и биологические методы /1-3/.

Первой стадией очистки сточных вод чаще всего являются механические методы. Механическая очистка обеспечивает удаление из производственных сточных вод 90 - 95 % взвешенных веществ. Задачи механической очистки заключаются в подготовке воды к физико-химической и биологической очисткам. Механическая очистка проводится для

выделения из сточной воды находящихся в ней нерастворенных грубодисперсных примесей путем процеживания, отстаивания и фильтрации.

Для задержания крупных загрязнений и частично взвешенных веществ применяется процеживание воды через различные решетки и сита. Для выделения из сточной воды взвешенных веществ, имеющих большую или меньшую плотность по отношению к плотности воды, можно использовать и отстаивание. При этом тяжелые частицы оседают, а легкие всплывают.

Сооружения, в которых при отстаивании загрязненных промышленных вод всплывают более легкие частицы, называются, в зависимости от всплывающих веществ, жироловками, маслоуловителями, нефтеловушками и др. К физико-химическим методам очистки сточных вод от нефтепродуктов относятся коагуляция, флотация и сорбция.

Сточные воды, прошедшие механическую и физико-химическую очистку, содержат еще достаточно большое количество растворенных и тонкодиспергированных нефтепродуктов и других органических загрязнений и не могут быть выпущены в водоем без дальнейшей очистки.

Наиболее универсален для очистки сточных вод от органических загрязнений биологический метод. Он основан на способности микроорганизмов использовать разнообразные вещества, содержащиеся в сточных водах, в качестве источника питания в процессе их жизнедеятельности. Задачей биологической очистки является превращение органических загрязнений в безвредные продукты. Процесс биохимического разрушения органических загрязнений в очистных сооружениях происходит под воздействием комплекса бактерий и простейших микроорганизмов, развивающихся в данном сооружении.

Для достижения наиболее полной очистки воды рационально будет применение нескольких методов одновременно, что позволит обеспечить не только качество стоков, соответствующее нормативам допустимого сброса, но и повторно использовать воду в технологических целях.

#### **Список использованных источников**

1. Комарова Л.Ф., Полетаева М.А. Использование воды на предприятиях очистка сточных вод в различных отраслях промышленности: Барнаул: Издательство АлтГТУ, 2010.- 174 с.

2. Каменская, А.А. Воздействие производств обработки металлов резанием машиностроительных предприятий на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба / А.А.Каменская, Р.И.Ковалова, В.М.Лабеецкий; Ред. к.х.н. В.В.Бордунов. - Новосибирск, 2002. -102 с.

3. Терновцев В.Е. Очистка промышленных сточных вод./ В.Е. Терновцев, В.М. Пухачев – К.: Будивельник, 1986 – 321 с.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОИЗВОДСТВА АСБЕСТОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ**

Нефедова В.В. – студент, Кормина Л.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Производство асбестовых технических изделий (АТИ) является одним из наиболее значительных источников выбросов загрязняющих веществ 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. Паронит изготавливают посредством прессования смеси, состоящей из каучука, асбеста,



серы и органического растворителя (бензин). Паронитовая масса готовится 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).

Как и многие резинотехнические изделия паронит применяют в качестве прокладочного материала и в качестве уплотнителя разъемов, чаще в агрессивных средах или при предельных значениях давления и температуры.

Чаще всего паронит используют в металлургии (приводные и [клиновые ремни](#), насосы, рукава высокого давления), химической промышленности (смесители, рукава) и электроэнергетике (компрессоры, [рукава](#)).

Преимущество использования паронита заключается в том, что он относится к категории не пылящихся хризолитсодержащих АТИ. При применении паронита выделение асбестовой пыли не происходит даже при механическом воздействии. Следовательно, паронит является абсолютно безопасным для здоровья человека материалом.

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.

Существует ряд технологий очистки газов от легколетучих органических веществ (ЛОВ), которые разделяются на деструктивные и утилизационные.

К деструктивным технологиям относятся химическое, биохимическое и каталитическое разложение органических веществ, а также термическое сжигание, причём эти технологии извлекают из смеси ЛОВ, заменяя их продуктами окисления, т.е. решаются только экологические задачи.

При концентрации ЛОВ в отходящих газах более  $2 - 3 \text{ г/м}^3$  необходимы утилизационные технологии, которые должны эффективно решать экологические проблемы снижения выбросов вредных веществ в атмосферу и одновременно возвращать уловленные ЛОВ в производство, помогая решению экономических задач.

Утилизационных технологий улавливания ЛОВ немного: абсорбционно-десорбционные, адсорбционные, конденсационные и технология, основанная на вымораживании ЛОВ; последняя технология не нашла широкого применения из-за высокой стоимости оборудования.

Применение различных способов рекуперации обусловлено физико-химическими свойствами паров органических растворителей, их содержанием в вентиляционных выбросах, объёмом очищаемого воздуха и его состоянием (запылённость, температура, влажность), степенью очистки выбросов и пропускной способностью основных аппаратов рекуперационных установок.

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 называемые молекулярно-ситовые угли. 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.

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. БАРНАУЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ

Новомлинский М.О. – аспирант, Сартакова О.Ю. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проблема интенсификации работы очистных сооружений стоит достаточно остро, значительное количество научных трудов, публикаций, патентов по этой тематике является ярким тому подтверждением [1-3].

Среди целого ряда проблем в работе очистных сооружений следует выделить две основных: образование и хранение сырого осадка и рост удельного потребления электроэнергии на очистку сточных вод.

Проблема образования сырого осадка. Сырой осадок первичных отстойников представляет собой студенистую суспензию серого или светло-коричневого цвета с влажностью 97 – 99 %. Вследствие большого количества органических веществ сырой осадок плохо отдает воду [1].

Для размещения осадка используются иловые карты, занимающие больше площади. В случае разрушения дамбы, карты представляют серьезную экологическую опасность. Ежегодное накопление осадков городских сточных вод затрудняет работу очистных сооружений канализации, приводит к увеличению площадей и нагрузки на площадки их размещения. Кроме того, осадки подвержены быстрому загниванию с выделением неприятного кислого запаха, что ухудшает санитарно-эпидемиологическую обстановку. В настоящее время на территории иловых карт Барнаула находится около 1 миллиона тонн ила, а их поступление оценивается в 500 м<sup>3</sup>/сутки.

Снижение объема поступающих осадков на иловые карты, возможно за счет уменьшения влажности, так например снижение влажности с 99% до 90%, снизит объем осадков 10 раз. Водоотдача осадков весьма ограничена, так в естественных условиях удастся высушить осадок до влажности 75-80 % [2]. Теоретически, уменьшение влажности осадка в два раза, позволит сократить объемы осадков в 3 раза, тем самым решить проблему нагрузки на иловые карты.

Проблема роста удельного потребления электроэнергии. По данным [3] на очистных сооружениях города Москвы за последние 5 лет затраты электроэнергии в расчете на 1000 м<sup>3</sup> сточных вод выросли на 15%. Подобные тенденции наблюдаются во многих городах России. Отчасти этот рост связан с увеличением БПК в поступающих сточных водах, на

окисление которого требуется больше кислорода, а, следовательно, больше электроэнергии на подачу воздуха турбокомпрессорами.

Снижение БПК<sub>5</sub> на стадии механической очистки составляет в среднем 35 % , а в случае применением флокулянтов – 60%. Многие флокулянты специально создаются для уменьшения ХПК и БПК. Тем самым достигается существенное снижение удельного потребления электроэнергии.

Кафедрой химической техники и инженерной экологии АлтГТУ на базе канализационных очистных сооружений ООО «Барнаульский Водоканал» проводились НИР по выявлению возможности использования флокулянта FLOQUAT FL 45-40 (Франция) на стадии отстаивания в первичном отстойнике.

В лабораторных условиях были определены оптимальные дозы флокулянта. Показано, что в присутствии флокулянта (FL -45-40) в дозах равных 0,1-0,4 ppm, время процесса механического осаждения осадков составляет 5-10 минут, это означает что скорость отстаивания возрастает в десятки раз по сравнению с отстаиванием без реагента.

Был изучен объем образованного осадка при различных дозах реагента. Эксперименты показали, что при дозе флокулянта 0,2 ppm, объем образующегося сырого осадка снизился на 25 %, по сравнению с экспериментами без добавления флокулянта. Вышесказанное указывает на возможность использования данного вида флокулянта для снижения влажности осадков, а как следствие уменьшения и их объемов.

Комплексным подходом к решению вышеуказанных проблем может стать применение флокулянтов, работающих одновременно в двух направлениях, а именно - на снижение БПК сточных вод после механической очистки и на уменьшение влажности сырого осадка. Оптимальным может стать решение применения одного флокулянта, способного решить обе вышеупомянутые задачи. В случае невозможности применения флокулянта, позволяющего комплексно решить указанные задачи, возможно применения ряда флокулянтов, на различных стадиях водоочистки.

Использование флокулянтов для интенсификации работы очистных сооружений канализации, способно решить ряд существующих в настоящее время проблем в водоочистке, при этом практически не требуется приобретение дорогостоящего оборудования и дополнительных затрат электроэнергии.

#### **Список использованных источников**

1) Туровский И.С. Обезвоживание осадков сточных вод на барабанных вакуум-фильтрах. М.: Стройиздат, 1966.

2) СНиП 2.04.03–85. Канализация, наружные сети и сооружения // Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 72 с.

3) Битиев А. В., Стрельцов С. А., Хамидов М. Г. Сокращение удельных затрат электроэнергии на водоотведение [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «Мосводоканал»: [сайт]. URL: <http://www.mosvodokanal.ru/> (дата обращения 1.04.2013).

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ КОЛОННЫ ДЕСОРБЦИИ АММИАКА ПРОИЗВОДСТВА СУЛЬФАТА АММОНИЯ**

Завьялов А.А. – студент; Сеселкин И.В. – к.т.н., доцент; Гокштейтер Ф.Э. – механик  
(ОАО «Алтай-Кокс»)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

ОАО «Алтай-Кокс» является одним из крупнейших предприятий коксохимической отрасли России, так за 2012 год на предприятии произведено около 4,25 млн. тонн кокса, 164 тыс. тонн смолы, 95 тыс. тонн сульфата аммония и более 84 тыс. тонн пека каменноугольного.

При коксовании каменного угля получают кокс, необходимый для доменной плавки железных руд. При этом высокотемпературном процессе в качестве побочных продуктов получают коксовый газ и каменноугольная смола, являющаяся важным сырьем для химической промышленности.

Коксовый газ представляет собой сложную смесь газообразных и парообразных веществ. Помимо водорода, метана, этилена и других углеводородов, оксида и диоксида углерода, азота, в 1 м<sup>3</sup> газа (при 0 °С и 105 Па) содержится 80 - 130 г смолы, 8 - 13 г аммиака, 30 - 40 г бензольных углеводородов, 6 - 25 г сероводорода и других сернистых соединений, 0,5 - 1,5 г цианистого водорода, 250 - 450 г паров воды и твердых частиц.

Ежегодно, при коксовании каменного угля на ОАО «Алтай-Кокс», образуется около 500 млн. м<sup>3</sup> коксового газа.

После охлаждения и отделения надсмольной воды от газообразных летучих веществ коксовый газ очищается в электрофильтре от взвешенных частиц, подогревается и подается в сатуратор. В сатураторе осуществляется барботирование газа через раствор серной кислоты, с целью извлечения аммиака.

Надсмольная вода, которая была отделена от коксового газа в сепараторе, перетекает в механические осветлители, в которых осаждаются твердые частицы. Затем осветленная надсмольная вода подогревается и направляется в верхнюю часть аммиачной колонны. Для удаления аммиака в нижнюю часть десорбционной колонны подается острый пар. Массовый расход пара на колонну достигает 15 т/час, расход воды до 45 - 47 м<sup>3</sup>/час.

Колонна десорбции аммиака оборудована щелевыми тарелками.

Эксплуатация десорбционной колонны выявила ряд недостатков, в частности процент извлеченного аммиака из надсмольной воды был недостаточно высок (0,05 %), вследствие чего приходилось подвергать воду интенсивной химической очистке.

Кроме того, в связи с пуском пятой коксовой батареи и увеличением количества коксового газа стал вопрос о строительстве новой десорбционной колонны.

С целью интенсификации работы колонны, а также увеличения процента отдуваемого аммиака предлагается замена щелевых тарелок на тарелки провального типа с круглыми отверстиями.

По выполненным расчетам, использование тарелок данной конструкции позволит снизить расход пара с 15 т/ч до 12,5 т/ч и уменьшить концентрацию аммиака в очищенной воде до 0,013 %.

Ожидаемый экономический эффект от предложенной реконструкции составит не менее 200 тысяч рублей.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОСНОВЫХ СТРУЖЕК В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

О.В. Сухорукова – магистрант, Н.И. Кравченко – магистрант, В.А. Сомин – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными загрязняющими веществами, поступающими в водные объекты. Большая часть нефтепродуктов попадает в них не в результате аварий или природных катастроф, а вследствие деятельности человека. Одними из основных источников поступления данных загрязнений в водные объекты являются сточные воды промышленности и поверхностные стоки с селитебных территорий.

Нефтепродукты, попадая в водоемы, создают на поверхности пленку, что нарушает газообмен с окружающей средой. Кроме этого, они обладают выраженными токсичными свойствами, что обуславливает их низкое значение предельно допустимой концентрации для водоемов рыбохозяйственного назначения – 0,05 мг/л.

Очистка воды до такого содержания возможна с использованием сорбционных технологий, где в качестве адсорбентов используются различные вещества природного и

искусственного происхождения. Синтезированные сорбенты способны обеспечить довольно высокую эффективность очистки воды, однако их применение ограничивается дороговизной и достаточно жесткими требованиями к воде, подаваемой на очистку.

Поэтому актуальной задачей является получение новых недорогих и эффективных сорбентов, например, из отходов деревообрабатывающей промышленности. Использование древесных отходов в качестве основы сорбентов позволит решить две задачи: проблему утилизации многотоннажных отходов предприятий деревообработки и получение сорбента с невысокой себестоимостью.

В практике водоочистки известно использование древесных стружек для очистки воды от различных загрязнений. Нами были выбраны для исследований по извлечению нефтепродуктов сосновые стружки.

На первом этапе была изучена сорбционная емкость необработанных стружек. Для этого наводились модельные растворы с содержанием нефтепродуктов от 10 до 200 мг/л. В каждый раствор добавлялось по 1 г стружек. Содержимое колб непрерывно перемешивалось в течение заданного времени, затем производилось отстаивание и анализ осветленного раствора на нефтепродукты методом инфракрасной спектрометрии. В результате было выявлено, что максимальная емкость немодифицированных стружек составила около 19 мг/г (рисунок 1).

Ранее проведенные исследования показали, что обработка опилок растворами щелочей повышает сорбционную емкость [1]. Поэтому на втором этапе исследований была проведена модификация сосновых стружек раствором гидроксида натрия концентрацией 200 мг/л. Результаты представлены также на рисунке 1. Как видно, обработка стружек не приводит к увеличению сорбционной емкости по отношению к нефтепродуктам.

Таким образом, проведенные исследования показали, что сосновые опилки могут быть использованы в чистом виде как сорбционный материал для очистки воды от нефтепродуктов, а модификация их растворами щелочей нецелесообразна.

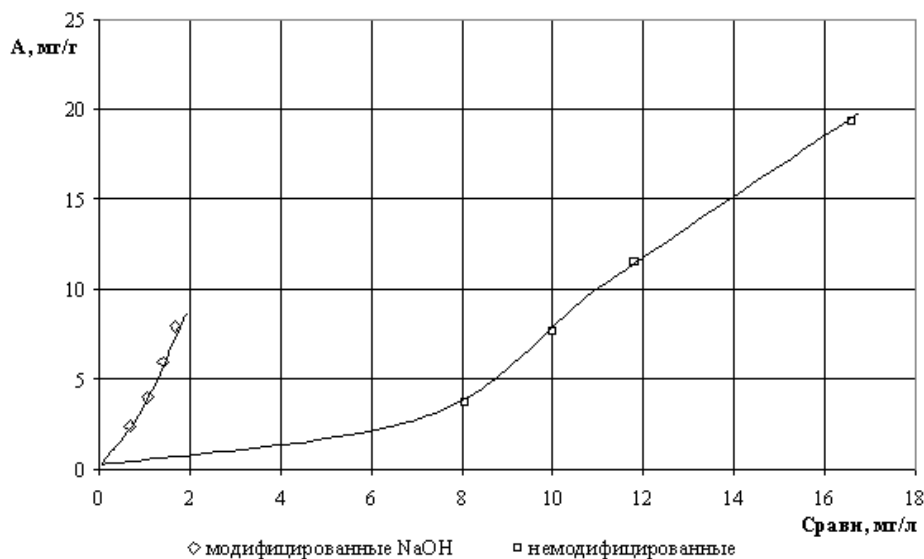


Рисунок 1 – Зависимость сорбционной емкости сосновых стружек (А, мг/г) от равновесной концентрации (С<sub>равн</sub>) нефтепродуктов в растворе

### Список использованных источников

1. Фогель А.А. Изучение сорбционных свойств материалов на основе отходов производства древесины и минерального сырья/ А.А. Фогель, В.А. Сомин, Л.Ф. Комарова // «Химия в интересах устойчивого развития» №4(19), 2011. С. 461-465.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СЫРОДЕЛЬНОГО ЗАВОДА**  
Осадчая О.С. – студент, Полетаева М.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Пищевая промышленность является одним из самых крупных потребителей пресной воды, а сбрасываемые воды ее предприятий относятся к числу наиболее загрязненных [1].

Современные молочные комбинаты осуществляют комплексную переработку сырья, оснащены механизированными и автоматизированными линиями по розливу продукции в бутылки, пакеты и другие виды тары, пастеризаторами и охладителями, сепараторами, выпарными установками, сыроизготовителями, автоматами по расфасовке продукции. Вода используется в основном технологическом процессе, при мойке технологического оборудования, трубопроводов, тары и производственных помещений.

В сточных водах, образующихся на всех этапах технологического процесса, содержатся жиры и белки, хлориды, фосфаты и СПАВ. Превышение показателя БПК обусловливается высоким содержанием органических соединений попадающими в сточные воды из молока (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры сточных вод, направляемых в канализационную сеть г.Барнаула

Параметры	Фактическое значение	Норматив
1.РН	9-10	6,5-8,5
2.Жир, мг/дм <sup>3</sup>	96	15
3.Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	291	230
4.Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	160	75
5.Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	12-13	2
6.БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	400	40
7.Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>	6,02	14
8.СПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	0,42	1,8

При анализе водного баланса предприятия были выделены основные проблемные моменты и выдвинут ряд предложений по реорганизации системы водоотведения и очистке сточных вод.

Основная трудность в решении проблемы очистки стоков связана с тем, что существующая система водоотведения предполагает совместный сбор проливов и переливов с полов в основных цехах, вспомогательных помещениях, а также на станции приема сырого молока. Так, в сточные воды молочного комбината попадают загрязнения, характерные для поверхностного стока, что усложняет технологическую схему очистки.

Для того чтобы рационально организовать систему очистки сточных вод, необходимо, в первую очередь, организовать раздельное водоотведение производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Для этого нами была оценена система канализации предприятия и предложена раздельная система водоотведения с очисткой производственных стоков и возвратом очищенной воды в систему технического водоснабжения.

Для изучения процесса очистки стоков, на кафедре ХТиИЭ АлтГТУ им.И.И.Ползунова была создана ультрафильтрационная установка для очистки сточных вод, которая позволяет изучать процесс, как в лабораторных, так и в полупромышленных условиях. Основным элементом данной установки является ультрафильтрационная трубка, выполненная из органопластика, на внутреннюю поверхность которой нанесена мембрана [2]. Площадь поверхности фильтрования составляла 0,02 м<sup>2</sup>. В качестве материала мембран выбраны полисульфон (ПС), полиэфирсульфон(ПЭС), поливинилхлорид (ПВХ) и фторопласт (Ф).

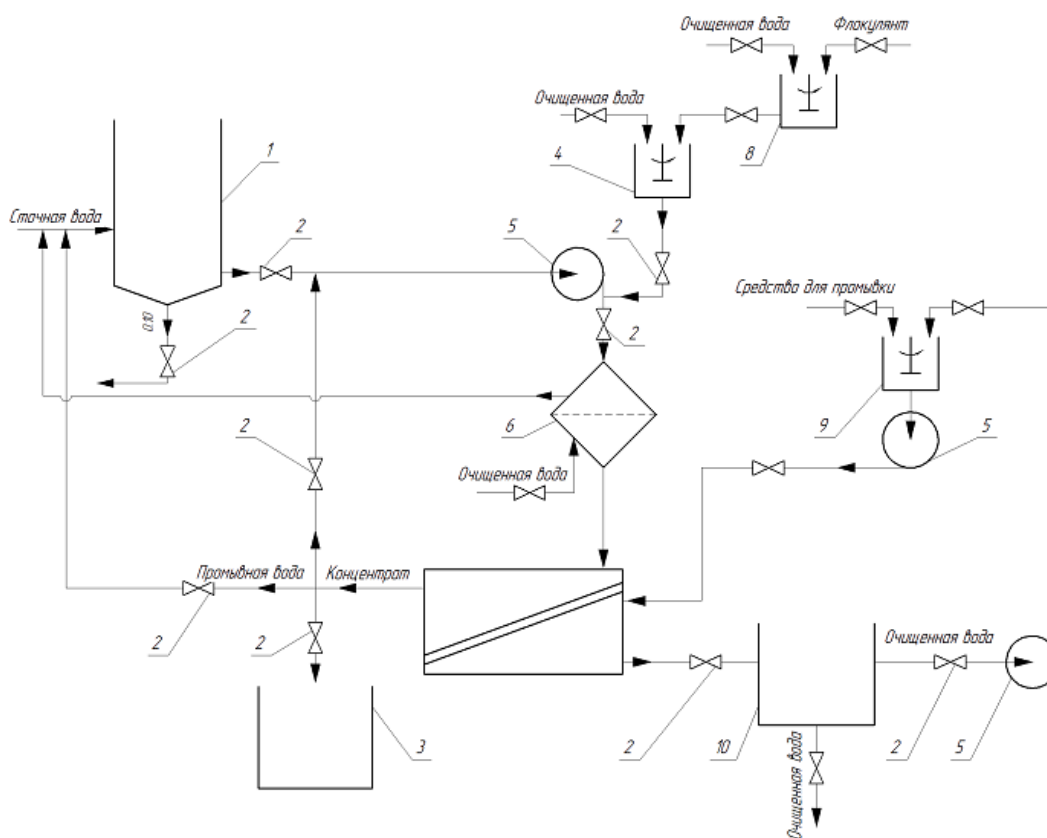
Объектом исследований являлись смоделированные сточные воды предприятия. Контроль эффективности процесса ультрафильтрации осуществляли по содержанию в рассоле жиров, белков, сухого остатка, взвешенных веществ и соледержанию.

Концентрацию белка в рассоле определяли методом формольного титрования, концентрацию жиров - методом Зайченко, содержание сухого вещества - выпариванием, концентрацию соли вычисляли через плотность рассола [3].

В результате проведённых исследований, была разработана технологическая схема очистки производственных сточных вод (рисунок 1). Производственные стоки поступают в накопительный колодец 1, в котором осаждаются тяжёлые взвешенные частицы. Далее вода насосом 5 подаётся на механический фильтр 6, где происходит удаление мелкодисперсных примесей. Вода, после фильтрования, поступает на ультрафильтрационную установку 7, где задерживаются все мелкодисперсные, органические, коллоидные примеси, с образованием концентрата, который направляется в ёмкость 3. В схеме предусмотрена циркуляция концентрата. Очищенная вода (фильтрат) поступает в промежуточный бак 10. Часть воды насосом 5 подаётся в ёмкость для приготовления промывного раствора 9, а остальная вода подаётся в систему технического водоснабжения.

В смесителе 9 готовится раствор для промывки мембраны. Промывной раствор насосом 5, обратным током, подаётся на мембрану 6, при этом моющее средство растворяет образовавшиеся отложения. Промывная вода вместе с загрязнениями направляется в отстойник 1.

По предварительной технико-экономической оценке 50% очищенных сточных вод будет возвращено в оборот. За счёт предлагаемых мероприятий будет снижены сброс воды в городскую систему канализации и затраты на покупку воды.



1 – накопительная ёмкость; 2 – запорный вентиль; 3 – ёмкость для концентрата; 4 – ёмкость для разбавления флокулянта; 5 – насос; 6 – механический фильтр; 7 – мембранная установка; 8 – ёмкость для приготовления флокулянта; 9 – ёмкость для приготовления промывного раствора; 10 – ёмкость для очищенной воды.

Рисунок 1 – Схема очистки производственных стоков сыродельного предприятия

#### Список использованных источников

1. Ливенская Г.Н. Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. Характеристика состояния производства переработки молочной продукции в России. [Электронный ресурс]//URL: <http://jurnal.org/>



2. Андрианов А.П., Первов А.Г. Методика определения параметров эксплуатации ультрафильтрационных систем очистки природных вод // Мембраны, 2003, №2 (18) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/journals/membranes/18>
3. Себекина А.Ю. Химия и физика молока: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 260303 - Технология молока и молочных продуктов / Алт.гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008 - 86с.
4. Полетаева М.А., Осадчая О.С., Рузаева Н.А. Пути решения проблемы очистки сточных вод молочного предприятия. // Ползуновский вестник. – 2013.- №1 - С.146-150.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ СХЕМЫ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ В ГОРОДЕ НОВОАЛТАЙСКЕ

Дудин И.В. – магистрант, Бельдеева Л.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Экологическое благополучие территорий муниципальных образований во многом зависит от эффективности системы управления отходами. Основными задачами такой системы являются снижение количества образующихся отходов, их максимальное вовлечение в хозяйственный оборот и предотвращение негативного воздействия на окружающую среду.

Основными способами утилизации являются захоронение отходов на полигонах ТБО, сжигание и использование в качестве вторичного сырья. По экспертным оценкам, в Российской Федерации ежегодно образуется порядка 50 млн. тонн твердых бытовых отходов (ТБО), основная масса которых без сортировки и извлечения полезных компонентов вывозится для захоронения, а в товарную продукцию перерабатывается не более 5% отходов [1], в то время как в развитых странах перерабатывается до 80% ТБО.

В настоящее время метод полигонного захоронения применяется ко всей массе отходов, что вызвано, в частности, наименьшими прямыми затратами; однако в расчетах обычно не учитываются затраты, связанные с обслуживанием полигона, выводом его из эксплуатации и компенсацией ущерба для окружающей среды. Кроме того, безвозвратно теряются природные ресурсы и прибыль, которую может дать правильно налаженная переработка ТБО.

Как альтернатива полигонному захоронению во многих крупных городах России рассматриваются проекты по сжиганию всей массе ТБО, что принципиально неверно. Мусоросжигание – это наиболее сложный и «высокотехнологичный» вариант обращения с отходами. Сжигание требует предварительной обработки коммунальных отходов с получением так называемого «топлива, извлеченного из отходов». При разделении из ТБО необходимо удалить крупные фракции и металлы (как магнитные так и немагнитные). Для того чтобы уменьшить вредные выбросы, из отходов извлекают металлы, пластик, источники питания, электронный лом. Сжигание неразделенного потока отходов является чрезвычайно опасным и запрещено практически во всех странах. Таким образом, мусоросжигание может быть только одним из компонентов комплексной программы утилизации.

Постепенный переход от полигонного захоронения к промышленной переработке является основной тенденцией решения проблемы ТБО в мировой практике. Важнейшим преимуществом использования отходов в качестве вторичного сырья являются экономия ресурсов и уменьшение негативных эффектов, связанных с использованием первичного сырья (загрязнения окружающей среды, потребления энергии и т. д.).

Слабое вовлечение отходов в хозяйственный оборот объясняется во многих случаях высокими затратами на их сбор и подготовку к переработке. Это снижает рентабельность переработки отходов, либо делает ее убыточной для предпринимателей. В первую очередь сказанное относится к отходам потребления, несмотря на то, что в них содержится большое

количество вторичных материальных ресурсов: черные и цветные металлы, термопласты, резина, волокнистое картонно-бумажное сырье [2].

Основная цель организации раздельного сбора и переработки отходов – решение экологических и социальных проблем. Рециклинг отходов позволяет снизить потребление природных ресурсов и уменьшить негативное воздействие отходов на окружающую среду до допустимых пределов, создать новые рабочие места.

Во всем мире переработка отходов рассматривается, прежде всего, как инженерный метод защиты окружающей среды. Несмотря на то, что коммунальные отходы являются источником вторичных ресурсов, выделение компонентов и фракций, пригодных для переработки и использования требует серьезных затрат, которые чаще всего не окупаются за счет реализации продукции.

Низкий уровень использования вторичных материальных ресурсов в России обусловлен в первую очередь не технологическими факторами, а несовершенством институциональных основ в этой области, прежде всего – нормативно-правовых механизмов. Поэтому интенсифицировать использование отходов в качестве ВМР можно, лишь создав для этого более благоприятные организационные, нормативно-правовые и экономические условия, что требует значительного усиления государственного регулирования в этой области.

Эффективность системы раздельного сбора зависит от степени участия населения. Переход к раздельному сбору требует существенного изменения привычной практики обращения с мусором со стороны горожан. Привлечение населения требует от властей значительных усилий в течение длительного промежутка времени. Как показывает опыт стран Евросоюза, население начинает удовлетворительно сортировать отходы, в среднем, через 10-15 лет после начала активной работы властей по раздельному сбору.

Опыт, полученный в ходе реализации проектов по раздельному сбору отходов в нашей стране [3], подтверждает, что основным фактором, определяющим готовность жителей поддержать проекты, является хорошая организация процесса: своевременный вывоз собранных отходов, правильно установленные контейнеры, активная информационно-разъяснительная работа.

Расчеты показали что теоретически возможный сбор вторичного сырья в Новоалтайске составляет 108888,2 куб.м, в том числе: в жилой застройке 76940,4 куб.м, в нежилом фонде 31947,8 куб.м. Практически возможный сбор 68388,0 куб.м, в том числе: в жилой застройке 38470,2 куб.м, в нежилом фонде 29917,82 куб.м.

Для вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот система мероприятий по организации системы раздельного накопления и утилизации отходов в г. Новоалтайске включает в себя работу по пяти направлениям:

- создание муниципальной нормативно-правовой базы по организации раздельного сбора отходов;
- организация постоянной информационно-разъяснительной работы с населением и коммунальными службами
- разработка системы экономического стимулирования деятельности по раздельному сбору и переработке отходов
- развитие инженерной инфраструктуры для раздельного сбора отходов;
- организация контроля и мониторинга деятельности по раздельному сбору и утилизации отходов.

#### **Список использованных источников**

1. Информация о результатах проверки исполнения федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации поручений Президента Российской Федерации, направленных на возмещение ущерба окружающей среде, нанесенного в результате обращения с твердыми бытовыми отходам

2. Девяткин В. Управление отходами в России: пора использовать отечественный и зарубежный опыт /электронный ресурс/.-Материалы web-сайта <http://recyclers.ru/modules/section/item.от 24.08.2008>

3. И.В. Бабанин. Мусорная революция // Твердые бытовые отходы.2009. № 3. С. 56-60.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

Богаев А.В. – аспирант, Лебедев И.А. – к.т.н., доцент, Берестенников Д.А. – студент, Полетаева М.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Активные (активированные) угли являются одним из типов промышленных сорбентов. Пористая структура активных углей и развитая поверхность обуславливают наличие адсорбционных свойств. По классификации М.М. Дубинина, принятой в 1972 г. IUPAC в качестве официальной, все поры углеродных адсорбентов можно разделить на три группы по величине эффективного размера. Эффективный размер – диаметр наибольшей окружности, которая может быть вписана в плоское сечение поры произвольной формы (т.е. диаметр цилиндрической поры или расстояние между стенками в щелевидной поре и т.д.). Поры с эффективным размером  $d_{эф} < 2$  нм называют микропорами, в диапазоне  $2 \text{ нм} \leq d_{эф} \leq 50 \text{ нм}$  – мезопорами и  $d_{эф} > 50 \text{ нм}$  – макропорами. Эта классификация базируется на особенностях адсорбции в порах разного размера, которые проявляется на изотермах и в теплотах адсорбции. Величина удельной поверхности активных углей составляет от 400 м<sup>2</sup>/г до 2500 м<sup>2</sup>/г [1].

Активный уголь – единственный промышленный сорбент, обладающий неполярной поверхностью. Он хорошо адсорбирует органические, в том числе неполярные вещества, например: растворители (углеводороды, их галогенпроизводные, простые и сложные эфиры и др.), красители, нефтепродукты и т. д.

Активные угли в основном применяются для: очистки питьевых и сточных вод, рафинирования сахара, очистки газов и рекуперации растворителей, получения медикаментов, очистки спирта и вин, разделения газовых смесей, производства катализаторов, получения особо чистых химических веществ, в системах защиты органов дыхания [2].

Основная характеристика активных углей – адсорбционные свойства, которые определяются их текстурой, а также природой поверхностных функциональных групп.

Помимо адсорбционных свойств, также важную роль играют их механические свойства, в первую очередь – механическая прочность и гранулометрический состав.

Механическая прочность характеризует способность активного угля сопротивляться разрушению (истиранию, дроблению) под воздействием внешних нагрузок. От гранулометрического состава зависит гидравлическое сопротивление слоя сорбента, его поведение в адсорберах кипящего слоя.

В совокупности эти два показателя определяют эксплуатационную стабильность газо- и гидродинамических характеристик адсорбционных аппаратов, в которых применяется активный уголь.

Высокой механической прочностью при получении древесных углей добиваются использованием в качестве сырья твердой древесины – скорлупы орехов, фруктовых косточек, дерева твердых пород. Так, для получения активного угля высокой прочности широко используется скорлупа кокосового ореха [3, 4].

В Сибирском же регионе перспективным сырьем для производства сорбента, аналогичного по своей текстуре сорбенту на основе кокосовой, может быть скорлупа кедрового и маньчжурского орехов.

Одним из новых перспективных направлений научно-исследовательской деятельности факультета пищевых и химических производств можно обозначить разработку технологии получения конкурентоспособных активированных углей на основе природных углеродсодержащих материалов, в том числе отходов производства.

Нами были получены образцы активных углей из скорлупы кедрового ореха (СКОАУ) по способу, описанному в пат. РФ 2323878 [5].

Пропитанное раствором фосфорной кислоты и высушенное древесное сырье помещали в трубчатый реактор карбонизации-активации при открытой крышке-сепараторе с уплотнением каждого слоя. Начальной стадией процесса карбонизации/активации сырья являлся его розжиг открытым огнем через дверцу в камере розжига при пропускании воздуха. После этого процесс протекал самопроизвольно при перемещении снизу вверх созданного воздушным дутьем термоокислительного фронта в течение 15-20 минут. После остывания материал промывали дистиллированной водой для удаления фосфорной кислоты. Качественную оценку полноты отмывки проводили молибденованадиевым реактивом.

Для полученных образцов СКОАУ по стандартным методикам [6, 7] были определены адсорбционная активность по йоду и осветляющая способность по метиленовому оранжевому, гранулометрический состав, влажность, прочность и насыпная плотность. Те же свойства, с целью сравнительной оценки, определяли у березового активированного угля (БАУ) и у угля полученного из скорлупы кокоса (КУ). Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика активных углей

Свойство сорбента	Марка угля		
	СКОАУ	БАУ	КУ
Фракционный состав, % от общей массы:			
более 3,6 мм	74,0	2,5	-
от 1 до 3,6 мм	24,0	95,5	98,0
менее 1 мм	2,0	2,0	2,0
Влажность, %	5,1	1,4	1,9
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	235	190	454
Прочность, %	88	77	90
Адсорбционная активность по йоду, %	7	60	77
Адсорбционная активность по метиленовому оранжевому, мг/г	10	25	22

#### Список использованных источников

1. Пористый углерод/ В.Б. Фенелонов; - Новосибирск: ИК СО РАН, 1995. -518 с.
2. Активный уголь на основе скорлупы грецких орехов/ Багреев А.А., Брошник А.П., Стрелко В.В и др. // Журн. прикл. химии. - 1999. - т. 72, № 6. - С. 942-946.
3. Технология комплексной переработки кедровых орехов/ Рудковский А.В., Парфенов О.Г., Щипко М.Л., Кузнецов Б.Н.// Химия растительного сырья. - 2000. №1. - С. 61–68.
4. Электронный научный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ» Получение углеродных адсорбентов из растительных отходов. <http://fhi.vniim.ru/news/release359.html>
5. Патент РФ №2323878. Способ получения активного угля. 2006, бюлл. №11.
6. ГОСТ 6217 – 74 Уголь активный древесный дробленый.
7. ГОСТ 4453 – 74 Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ УПЛОТНЕНИЯ ВАЛА НАСОСА 4К-8 ОТДЕЛЕНИЯ КОНДЕНСАЦИИ КОКСОВОГО ГАЗА

Антонов М.В. – студент; Сеселкин И.В. – к.т.н., доцент; Рябов И.В. – механик цеха  
улавливания (ОАО «Алтай-Кокс»)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Российская коксохимия на современном этапе представлена 12 коксохимическими предприятиями, имеющими в своем составе 63 коксовые батареи общей проектной мощностью 39,8 млн. т/год валового кокса 6 %-ной влажности.

Суммарная проектная мощность пяти коксовых батарей на ОАО «Алтай-Кокс» превышает 5 млн. тонн кокса в год. К основным видам продукции предприятия относится кокс доменный, кокс литейный, коксовый орешек и коксовая мелочь. Также на рынок ОАО "Алтай-Кокс" поставляет сульфат аммония, каменноугольную смолу и пек.

Коксовый газ, образовавшийся в процессе коксования угольной шихты, поступает в цех улавливания на участок охлаждения и конденсации коксового газа. После его охлаждения, происходит разделение газовой и жидкой сред.

Жидкая фаза (смесь надсмольной воды, смолы и фусов) направляется в механизированные осветлители, где происходит отделение смолы от воды и фусов. Фусы (засмоленные частицы шихты) оседают на дно осветлителей и непрерывно выгребаются скребковыми транспортерами в бункера, откуда по мере накопления выгружаются в технологическую машину и вывозятся на установку утилизации фусов для последующего дозирования в шихту.

Смола, отстоявшаяся от фусов и надсмольной воды, через отжимные устройства выводится в сборники смолы.

Надсмольная (аммиачная вода) из осветлителей непрерывно перетекает в промежуточные сборники, из которых насосами подаётся на орошение газа в газосборники коксовых батарей. Избыток аммиачной воды из сборников перетекает в хранилище аммиачной воды, откуда насосами перекачивается в аммиачно-сульфатное отделение.

Перекачивание продуктов осуществляется насосами 4К-8. Насосы (9 рабочих, 3 – резервных) расположены в здании насосной.

Насос 4К-8 – центробежный консольный насос, предназначенный для перекачивания в стационарных условиях чистой воды с  $pH = 6 - 9$ , температурой от 0 до 85 °С и других жидкостей, сходных с водой по плотности, вязкости и химической активности, содержащих твёрдые включения по объёму не более 0, 1 % и размером до 0,2 мм. Производительность насоса 90 м<sup>3</sup>/час, напор – 55 м в. ст.

Выпускаемые промышленностью насосы 4К-8 оборудованы сальниковыми уплотнением, которые необходимо постоянно обслуживать (подтягивать и менять сальники). Кроме того, использование сальниковых колец, армированных медной проволокой приводит к интенсивному износу защитной втулки вала насоса. При работе насоса с сальниковым уплотнением наблюдались большие утечки перекачиваемой жидкости (от 12 % до 18 % в час). Утечки сопровождалось выделением в помещение насосной значительного количества газообразного аммиака и лёгких фракций продуктов коксования (нередко концентрации загрязняющих веществ в воздухе превышали соответствующие значения ПДК<sub>раб.зоны</sub>).

С целью увеличения надёжности работы насосов 4К-8 предлагается замена сальникового уплотнения на двойное торцовое.

В России торцовые уплотнения для насосов изготавливают 7 предприятий, это: АО «Машиностроительный завод» г. Нальчик, ООО фирма «Изогерм», НПК «Герметика» г. Москва, ЗАО «Трем» г. Москва, НПЦ «АНОД» г. Н. Новгород и др.

Для реконструкции выбраны уплотнения, производимые НПЦ «АНОД».

НПЦ «АНОД» выпускает 19 типов уплотнений более 300 типоразмеров и по качеству конструктивной проработки, используемых материалов и изготовления уплотнений приближается к мировому уровню, а в отдельных элементах и превосходит его.

Двойные торцовые уплотнения по сравнению с сальниковыми имеют ряд преимуществ:

- снижение потерь перекачиваемой жидкости (не более 0,3 – 1,2 % в час);
- значительно более долгий срок службы;
- доступное и лёгкое обслуживание;
- полностью исключается попадание затворной жидкости в рабочую среду.

В качестве затворной жидкости при перекачке надсмольной воды и раствора аммиака используется вода, при перекачки смолы – индустриальное масло.

При проектировании в расчёт брался размер сальниковой камеры и диаметр вала в предположительном месте установки крепления.

Выполнен расчёт торцового уплотнения, силовой расчёт вала насоса, разработан план механической обработки корпуса насоса.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УМЯГЧЕНИЮ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ СОРБЕНТОВ

Бетц С.А. – студент, Сомин В.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из основных показателей качества воды, регламентированных нормативными документами при использовании ее для хозяйственно-питьевых или технических нужд, является показатель общей жесткости.

Жесткость природных вод обусловлена присутствием в них солей кальция и магния и выражается концентрацией ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в ммоль-экв/л (мг-экв/л).

Целью нашей работы является получение сорбционных материалов на основе минерального и органического сырья для очистки воды от соединений жесткости.

Нами проводились исследования по умягчению вод с использованием бентонита Милюкского месторождения, который с целью увеличения сорбционной емкости был подвергнут активации содовым раствором.

Для получения сорбента бентонит закрепляли парафином, результате был получен композиционный материал, обладающий развитой поверхностью и достаточной механической прочностью.

Нами были определены сорбционные характеристики по ионам жесткости в статических условиях для материалов на основе бентонита с парафином (парафин:бентонит 1:10, 2:10, 4:10). Выявлено, что наибольшей сорбционной емкостью обладает материал парафин:бентонит 2:10 (2,1 мг-экв/г).

Для данного сорбента были определены сорбционные характеристики в динамических условиях. Зависимость эффективности извлечения ионов жесткости из модельного раствора с концентрацией 10 мг-экв/л на чистом образце парафин:бентонит 2:10 и после его регенерации приведена на рисунке 1.

При пропускании первых порций модельного раствора с концентрацией 10 мг-экв/л наибольший эффект очистки составлял 80 %, в дальнейшем эффективность плавно падала.

Для восстановления сорбционной способности данного материала после пропускания модельного раствора была проведена его регенерация 5 % раствором соды. На регенерированном сорбенте изучена эффективность извлечения ионов жесткости в зависимости от удельного объема пропущенного раствора и определены время достижения полной динамической емкости и время защитного действия фильтра.

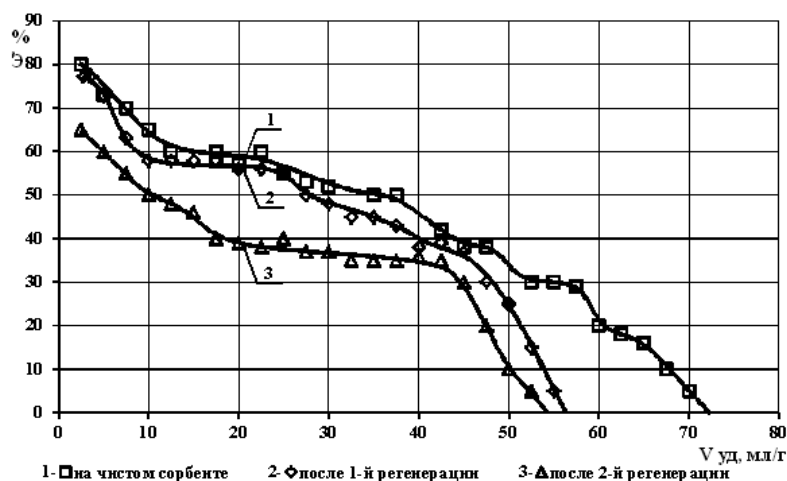


Рисунок 1 – Зависимость эффективности извлечения (Э) ионов жесткости от удельного объема пропускаемого раствора ( $V_{уд}$ )

Как видно из рисунка 1, после первой регенерации степень извлечения ионов жесткости при пропускании первых порций раствора несколько ниже (77 %) по сравнению с чистым сорбентом. При очистке 45 мл удельного объема раствора эффективность падает более резко по сравнению с чистым сорбентом, достигая нулевого значения при 57 удельных миллилитров пропущенного раствора. После второй регенерации максимальная эффективность очистки первоначально составляла 65 %, в дальнейшем плавно падала до 43 мл удельного объема раствора и далее более резко до 55 удельных миллилитров раствора.

Проведенные исследования по регенерации материала раствором карбоната натрия показали достаточную эффективность восстановления его сорбционных свойств по ионам жесткости. Следовательно, данный материал можно использовать неоднократно.

На рисунке 2 показана продолжительность времени защитного действия фильтра в зависимости от количества регенераций используемого материала при очистке от ионов жесткости с начальной концентрацией 10 мг-экв/л. Время достижения эффекта очистки, равного 50 %, было принято как время защитного действия фильтра.

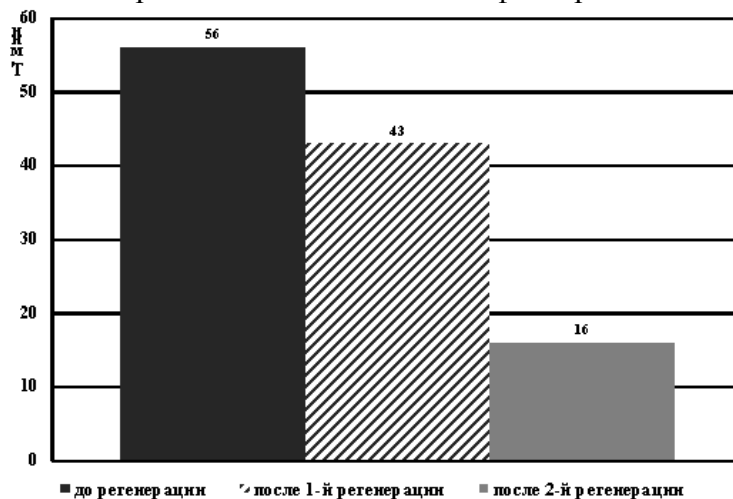


Рисунок 2 – Зависимость времени защитного действия фильтра от количества регенераций материала

Как видно, проведение регенераций значительно уменьшает время защитного действия фильтра, что может быть объяснено вымыванием бентонита из сорбента. После 1-й регенерации время защитного действия падает на 23 %, после 2-й регенерации – на 48,3 %.

В целом полученный материал на основе бентонита и парафина может быть использован для очистки воды от соединений жесткости, при этом следует провести исследования по закреплению бентонита в составе материала.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ СХЕМЫ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ В ГОРОДЕ НОВОАЛТАЙСКЕ

Берда Н.А. – магистрант, Бельдеева Л.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Экологическое благополучие территорий муниципальных образований во многом зависит от эффективности системы управления отходами. Основными задачами такой системы являются снижение количества образующихся отходов, их максимальное вовлечение в хозяйственный оборот и предотвращение негативного воздействия на окружающую среду.

Основными способами утилизации являются захоронение отходов на полигонах ТБО, сжигание и использование в качестве вторичного сырья. По экспертным оценкам, в Российской Федерации ежегодно образуется порядка 50 млн. тонн твердых бытовых отходов (ТБО), основная масса которых без сортировки и извлечения полезных компонентов вывозится для захоронения, а в товарную продукцию перерабатывается не более 5% отходов [1], в то время как в развитых странах перерабатывается до 80% ТБО.

В настоящее время метод полигонного захоронения применяется ко всей массе отходов, что вызвано, в частности, наименьшими прямыми затратами; однако в расчетах обычно не учитываются затраты, связанные с обслуживанием полигона, выводом его из эксплуатации и компенсацией ущерба для окружающей среды. Кроме того, безвозвратно теряются природные ресурсы и прибыль, которую может дать правильно налаженная переработка ТБО.

Как альтернатива полигонному захоронению во многих крупных городах России рассматриваются проекты по сжиганию всей массе ТБО, что принципиально неверно. Мусоросжигание – это наиболее сложный и «высокотехнологичный» вариант обращения с отходами. Сжигание требует предварительной обработки коммунальных отходов с получением так называемого «топлива, извлеченного из отходов». При разделении из ТБО необходимо удалить крупные фракции и металлы (как магнитные так и немагнитные). Для того чтобы уменьшить вредные выбросы, из отходов извлекают металлы, пластик, источники питания, электронный лом. Сжигание неразделенного потока отходов является чрезвычайно опасным и запрещено практически во всех странах. Таким образом, мусоросжигание может быть только одним из компонентов комплексной программы утилизации.

Постепенный переход от полигонного захоронения к промышленной переработке является основной тенденцией решения проблемы ТБО в мировой практике. Важнейшим преимуществом использования отходов в качестве вторичного сырья являются экономия ресурсов и уменьшение негативных эффектов, связанных с использованием первичного сырья (загрязнения окружающей среды, потребления энергии и т. д.).

Слабое вовлечение отходов в хозяйственный оборот объясняется во многих случаях высокими затратами на их сбор и подготовку к переработке. Это понижает рентабельность переработки отходов, либо делает ее убыточной для предпринимателей. В первую очередь сказанное относится к отходам потребления, несмотря на то, что в них содержится большое количество вторичных материальных ресурсов: черные и цветные металлы, термопласты, резина, волокнистое картонно-бумажное сырье [2].

Основная цель организации раздельного сбора и переработки отходов – решение экологических и социальных проблем. Рециклинг отходов позволяет снизить потребление природных ресурсов и уменьшить негативное воздействие отходов на окружающую среду до допустимых пределов, создать новые рабочие места.

Во всем мире переработка отходов рассматривается, прежде всего, как инженерный метод защиты окружающей среды. Несмотря на то, что коммунальные отходы являются источником вторичных ресурсов, выделение компонентов и фракций, пригодных для переработки и использования требует серьезных затрат, которые чаще всего не окупаются за счет реализации продукции.



Низкий уровень использования вторичных материальных ресурсов в России обусловлен в первую очередь не технологическими факторами, а несовершенством институциональных основ в этой области, прежде всего – нормативно-правовых механизмов. Поэтому интенсифицировать использование отходов в качестве ВМР можно, лишь создав для этого более благоприятные организационные, нормативно-правовые и экономические условия, что требует значительного усиления государственного регулирования в этой области.

Эффективность системы раздельного сбора зависит от степени участия населения. Переход к раздельному сбору требует существенного изменения привычной практики обращения с мусором со стороны горожан. Привлечение населения требует от властей значительных усилий в течение длительного промежутка времени. Как показывает опыт стран Евросоюза, население начинает удовлетворительно сортировать отходы, в среднем, через 10-15 лет после начала активной работы властей по раздельному сбору.

Опыт, полученный в ходе реализации проектов по раздельному сбору отходов в нашей стране [3], подтверждает, что основным фактором, определяющим готовность жителей поддержать проекты, является хорошая организация процесса: своевременный вывоз собранных отходов, правильно установленные контейнеры, активная информационно-разъяснительная работа.

Расчеты показали что теоретически возможный сбор вторичного сырья в Новоалтайске составляет 108888,2 куб.м, в том числе: в жилой застройке 76940,4 куб.м, в нежилом фонде 31947,8 куб.м. Практически возможный сбор 68388,0 куб.м, в том числе: в жилой застройке 38470,2 куб.м, в нежилом фонде 29917,82 куб.м.

Для вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот система мероприятий по организации системы раздельного накопления и утилизации отходов в г. Новоалтайске включает в себя работу по пяти направлениям:

- создание муниципальной нормативно-правовой базы по организации раздельного сбора отходов;
- организация постоянной информационно-разъяснительной работы с населением и коммунальными службами
- разработка системы экономического стимулирования деятельности по раздельному сбору и переработке отходов
- развитие инженерной инфраструктуры для раздельного сбора отходов;
- организация контроля и мониторинга деятельности по раздельному сбору и утилизации отходов.

#### **Список использованных источников**

1. Информация о результатах проверки исполнения федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации поручений Президента Российской Федерации, направленных на возмещение ущерба окружающей среде, нанесенного в результате обращения с твердыми бытовыми отходам

2. Девяткин В. Управление отходами в России: пора использовать отечественный и зарубежный опыт /электронный ресурс/.-Материалы web-сайта <http://recyclers.ru/modules/section/item.от 24.08.2008>

3. И.В. Бабанин. Мусорная революция // Твердые бытовые отходы.2009. № 3. С. 56-60.

## ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОКРАСОЧНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Гоппе Р.П. – студент, Горелова О.М. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В технологических процессах промышленных предприятий довольно широко используются как сами растворители, так и их составляющие. В состав большинства растворителей входят компоненты: ацетон, этиловый спирт, бутиловый спирт, толуол, бутилацетат, этилцеллозольв, нашедшие широкое применение в промышленности.

При использовании растворителей, прежде всего, загрязняется воздушная среда за счет их испарения. Улавливание растворителей из паровоздушных смесей улучшает экологические, а часто и экономические показатели основного производства.

При обработке изделий в машиностроении расходуются колоссальные количества лакокрасочных материалов и образуются выбросы – окрасочные аэрозоли. Они состоят из смеси воздуха с парами растворителей и имеют твердые включения красок и лаков.

В практике извлечения паров химических веществ из газов и возврата их в производство используют различные способы, например, конденсационный, компрессионный, абсорбционный и адсорбционный.

Абсорбционный метод извлечения органических растворителей обычно используется в тех случаях, когда концентрация целевого компонента в газовом потоке свыше 1 % об. Абсорбентами могут быть вода, органические жидкости, легкие и тяжелые фракции нефти, масла. Однако этот метод имеет ряд недостатков: при улавливании паров органики водой образуются водные смеси, которые необходимо утилизировать с целью возврата очищенной воды и регенерированного растворителя в производство.

Одним из усовершенствованных абсорбционных способов очистки окрасочных аэрозолей является использование в качестве абсорбента воды с добавлением флокулянтов.

В качестве флокулянта может использоваться водорастворимый полиэлектролит катионного типа на основе полидиметилдиаллиламмоний хлорида, в количестве от 10 мг/л до 1000 мг/л. Он, прежде всего, способствует эффективному улавливанию частиц краски. Вода с добавкой флокулянта также обладает способностью эффективно поглощать компоненты растворителей.

Процессы очистки окрасочных аэрозолей от частиц краски и растворителей можно проводить в гидросепараторах любой конструкции.

Из вышеуказанного аппарата водный поток будет направляться на отстаивание от взвесей, а потом на удаление органических растворителей.

Концентрация органики в воде будет такой, что она может служить сырьем для последующего получения товарного продукта - органического растворителя или смеси растворителей.

Отделение растворителей от поглотителя может осуществляться отгонкой воздухом или инертным газом, например, азотом, после предварительного добавления флокулянта в количестве от 10 мг/л до 50 мг/л. Отогнанные летучие вещества представляют собой растворитель, либо смесь растворителей со слабыми и средними водородными связями. Примерами таких веществ служат толуол, ксилол, уайт-спирит и др.

В воде при этом будет присутствовать масса компонентов, а именно углеводов, с сильными и средними водородными связями, образующих с водой азеотропные и гомогенные смеси, например этилацетат, метилэтилкетон, этиловый, метиловый, бутиловый спирты. Эти компоненты могут удаляться при мембранной очистке воды в виде пермеата.

Реализация данного способа позволит очистить воду и вернуть ее в гидросепараторы для улавливания примесей из паровоздушных смесей. Флокулянт при этом из воды удаляться не будет, что позволит уменьшить его добавку перед абсорбцией. Рекуперированные растворители могут использоваться для разбавления лаков и красок, для предварительной подготовки деталей к покраске и т.д.

Предлагаемое технологическое решение снизит воздействие процесса окраски на окружающую среду и позволит получить экономический эффект от вторичного использования растворителей.

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ АКТИВАЦИИ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕСТКОСТИ ИЗ ВОДЫ

Козырева А.О. – студент, Куртукова Л.В. – аспирант, Черкасов А.С. – аспирант,  
Сомин В.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Жёсткость воды – совокупность химических и физических свойств воды, связанных с содержанием в ней растворённых солей щёлочноземельных металлов, главным образом, кальция и магния.

Использование жёсткой воды вызывает появление осадка (накипи) на стенках котлов, в трубах и т.п. В то же время использование слишком мягкой воды может приводить к интенсификации коррозии труб, так как в этом случае отсутствует кислотно-щелочная буферность, которую обеспечивает гидрокарбонатная (временная) жёсткость. Потребление воды с высокой жёсткостью способствует образованию мочевых камней, а низкой – незначительно увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний.

По данным государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды, на территории Алтайского края функционирует 2885 источников централизованного водоснабжения, из них 3 поверхностных (г. Барнаул, г. Рубцовск, г. Камень-на-Оби). В целом по краю, удельный вес проб питьевой воды, не соответствующей гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, снизился с 16,7 % в 2006 г. до 16,28 % в 2010 г., хотя превышает аналогичный показатель (16,0 %) по Сибирскому Федеральному округу. Неудовлетворительное качество воды по санитарно-химическим показателям связано с тем, что ряд районов практически не имеет подземных вод с оптимальным солевым составом, отмечается повышенное содержание по сухому остатку (1100-1800 мг/л), хлоридам (300-400 мг/л), сульфатам (400-700 мг/л), общей жесткости (9-15 мг-экв/л). Это обусловлено, в том числе, их принадлежностью к провинции содового засоления, что является одной из причин высокой заболеваемости жителей этих районов мочекаменной, желчекаменной, гипертонической болезнями с превышением краевых показателей в 1,2-3 раза.

Решением проблемы обеспечения населения и промышленности Алтайского края водой надлежащего качества является совершенствование технологий водоподготовки с использованием современных материалов. Большинство применяемых в настоящее время сорбентов и ионитов обладают высокой эффективностью удаления соединений жесткости, однако имеют ряд недостатков: высокая стоимость, трудность утилизации регенерационных растворов и необходимость тщательной предварительной подготовки воды. Поэтому существенный интерес для развития сорбционных методов представляет поиск наиболее дешевых сорбционных материалов.

Нами предложено использовать для удаления соединений жесткости активированные различными способами бентонитовые глины, которые являются природными минеральными сорбентами и обладают выраженными ионообменными свойствами.

Для определения сорбционной емкости материалов в статических условиях были наведены модельные растворы с содержанием ионов кальция от 4 мг/л до 40 мг/л. В каждый раствор добавлялось по 1 г сорбента, затем содержимое колб непрерывно перемешивалось в течение нескольких часов, после чего производилось отстаивание суспензии в течение суток и анализ осветленного раствора на ионы кальция титрованием трилоном Б.

На рисунке 1 представлены изотермы сорбции солей жесткости бентонитом Милосского месторождения двух типов активации. Как видно из представленного рисунка, бентонит, активированный раствором хлорида натрия, показал более высокую сорбционную емкость (0,6 мг-экв/г), по сравнению с кислотно-активированным бентонитом (0,15 мг-экв/г).

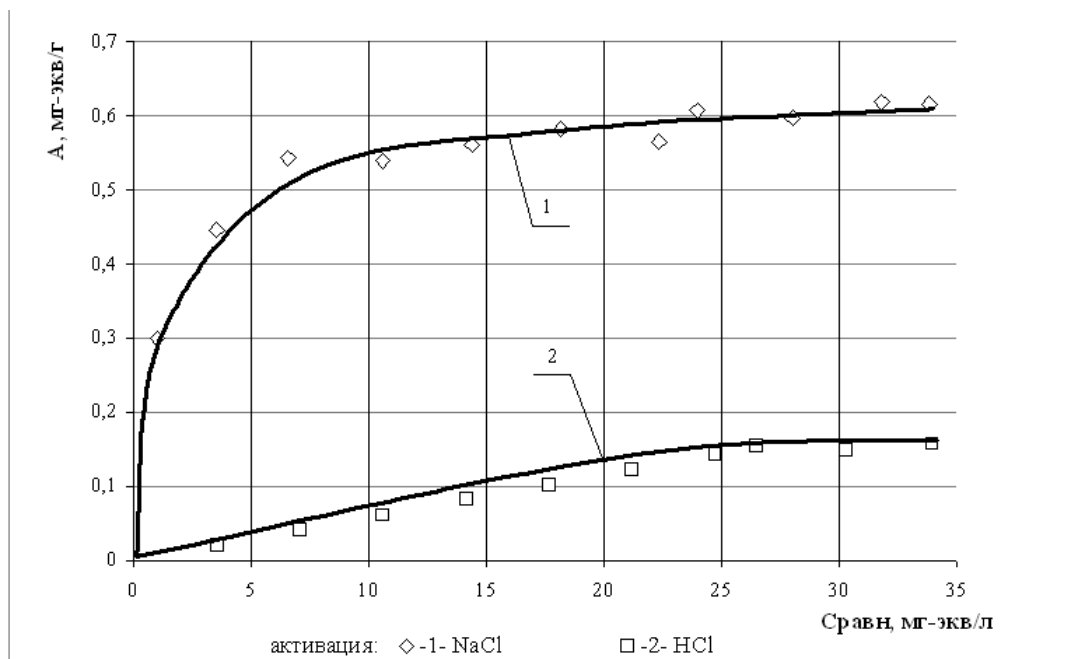


Рисунок 1 – Изотермы сорбции Миасского бентонита по солям жесткости

Для сравнения сорбционной способности были проведены исследования по активации бентонита Таганского месторождения. Результаты представлены на рисунке 2. Как видно, максимальная емкость отмечена для бентонита, активированного раствором карбоната натрия – 1,4 мг-экв/г, что превышает аналогичное значение для солевой активации в 2,2 раза, а для кислотной – в 7,8 раза.

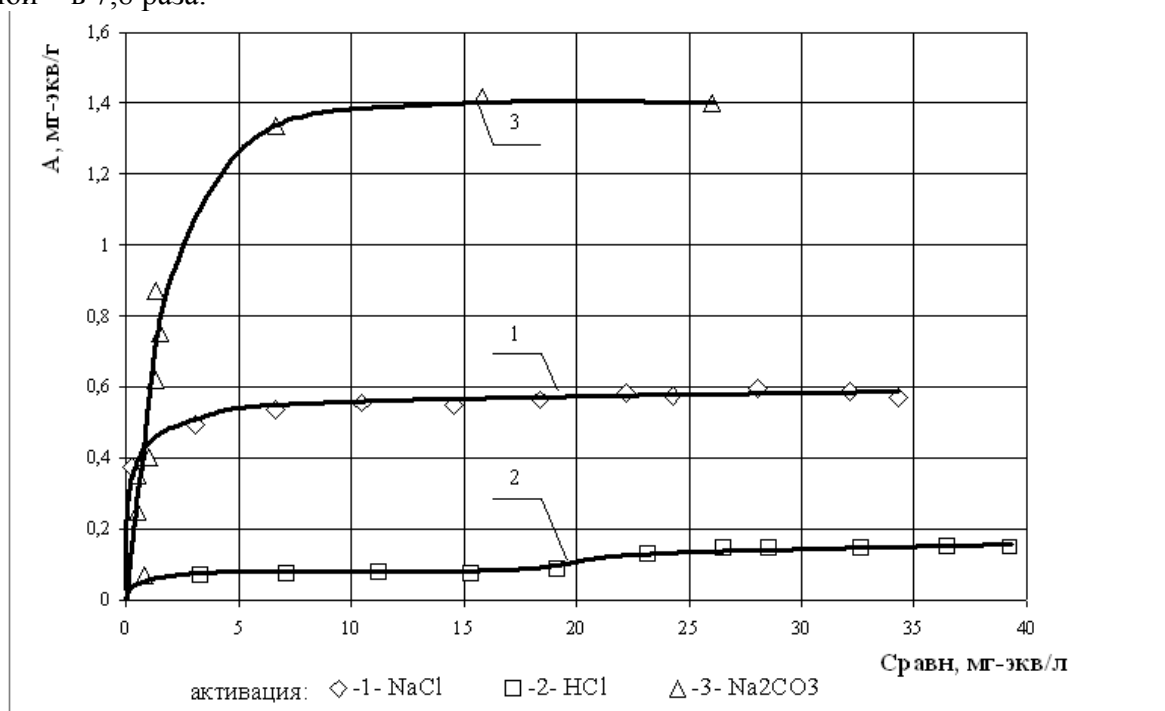


Рисунок 2 – Изотермы сорбции Таганского бентонита по солям жесткости

Таким образом, можно сделать вывод, что для удаления из воды соединений жесткости наиболее перспективной является активация карбонатом и хлоридом натрия.

#### Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2011 году». – Барнаул, 2012. - 200 с.

## ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ТРУБЧАТЫХ МИКРОФИЛЬТРОВ БТМ 05/2

Чигаев И.Г. – аспирант, Коньшева Ж.С. – студент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Алтайский край обладает значительными ресурсами питьевых и технических вод, при этом для питьевого водоснабжения зачастую используют подземные воды. По данным государственного доклада[1] около 25% проб не соответствуют требованиям по санитарно-химическим показателям, чаще всего в них имеется превышение по ионам железа, марганца и общей жесткости.

Многообразие форм и концентраций железа, встречающегося в природных водах, вызвало необходимость разработки целого ряда методов и технологических схем обезжелезивания воды. В связи с постоянно увеличивающимся потреблением подземных вод, возникает необходимость в реконструкции существующих и строительстве новых установок обезжелезивания. Поэтому одной из важнейших задач, является изыскание решений по экономии капитальных вложений и снижению эксплуатационных затрат. Основными направлениями решения задачи являются: совершенствование технологии обезжелезивания воды, интенсификация работы водоочистных сооружений, повышение качества их проектирования, изготовления и эксплуатации, стабильности очистки.

На сегодняшний момент предложено и внедрено большое число методов удаления железа из подземных природных вод, которые можно разделить на две группы: реагентные и безреагентные. Для обезжелезивания подземных вод широкое распространение получили безреагентные методы, такие как аэрация с последующим фильтрованием, электрокоагуляция, «сухая» фильтрация. Из реагентных методов применяется фильтрование через модифицированную загрузку. Основным недостатком безреагентных способов очистки является необходимость комбинирования нескольких методов обезжелезивания для достижения требуемой эффективности, что приводит к значительному увеличению габаритов установки и ее стоимости. К недостаткам реагентных методов относятся необходимость использования реагентов для формирования (модифицирования) загрузки и для ее регенерации, что сопровождается увеличением эксплуатационных затрат таких установок [2,3].

Перспективным направлением совершенствования технологии обезжелезивания воды является использование мембранных методов.

Проведены эксперименты по обезжелезиванию на трубчатых микрофилтрах типа БТМ 05/2 производства компании «Владипор». Для исследования были выбраны мембраны из полисульфона и полисульфонамида со средним размером пор 0,2 мкм, скорость потока над поверхностью мембраны 2,3 м/с при давлении 0,36 МПа, значение рН в модельных растворах выдерживалось в диапазонах 6,5-7. Исследовались модельные растворы с концентрациями 1, 2 и 4 мг/л иона  $Fe^{2+}$ .

Фильтрация осуществлялась в рециркуляционном режиме с отводом части концентрата. Эффективность очистки на обоих типах мембран составила 35-52%. При проведении предварительной упрощенной аэрации эффективность возросла и составила 85-93%. Средняя производительность по фильтрату на обоих типах мембран составила 1,2 л., при этом снижение производительности по фильтрату наблюдалась в начале процесса фильтрования и составила 30 % от начальной производительности (1,56 л/мин). В дальнейшем снижения производительности не происходило.

Исследования показали, что эффективное использование полимерных трубчатых микрофилтрах типа БТМ 05/2 для обезжелезивания подземных вод возможно лишь в сочетании с другими методами очистки, в частности с упрощенной аэрацией. Стабильная производительность по фильтрату объясняется высокой скоростью потока над поверхностью мембраны, что предотвращает быстрый рост слоя осадка.

**Список использованных источников**

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2011 году. Барнаул, 2012. 200 с.
2. Водоподготовка: Справочник. /Под.ред. д.т.н., С.Е. Беликова. М.: Аква-терм, 2007. - 240 с.
3. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. М., Стройиздат, 1978. 160 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СМЕСИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ФЛЕКСОГРАФИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

Компанец М.Н. – студент, Лазуткина Ю.С. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На многих предприятиях производственные процессы связаны с применением растворителей и промывочных жидкостей. Они выполняют свою роль только на определенных стадиях технологических работ, после чего сливаются и подвергаются термической деструкции, что приводит к загрязнению окружающей среды и потере ценных компонентов. Разработка способов регенерации этих смесей позволят уменьшить нагрузку на биосферу, вернуть в производство дополнительные количества сырьевых веществ и получить определенную экономическую прибыль.

Целью нашей работы является разработка малоотходной технологии регенерации сольвента, образующегося после промывки флексоплат в процессе флексографии.

Объектом исследования является сольвент, в состав которого входит шесть компонентов (масс. %): М - ксилол – 30 %; П - ксилол – 30%; тетракозан – 20%; этилбензол – 10%; этилциклогексан – 8%; вода – 2%.

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

На начальном этапе исследований были рассмотрены основные физико-химические свойства индивидуальных компонентов разделяемой смеси, а также ее бинарных и тройных составляющих. В литературных источниках были найдены данные по взаимной растворимости компонентов, азеотропии и парожидкостному равновесию.

Анализ этих данных показал, что в исходной шестикомпонентной системе образуются 3 бинарных азеотропа, свойства которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства азеотропов

Система	Вид азеотропа	Температура кипения азеотропа, °С	Содержание компонента, мол. %	
			1	2
Вода (1) – М - ксилол(2)	гетер.	92,0	35,8	64,2
Вода (1) – П - ксилол(2)	гетер.	90,0 – 91,0	68,2	31,8
Вода (1) – этилбензол (2)	гомог.	92,0	33,0	67,0

Наличие в системе азеотропов значительно усложняет процесс регенерации сольвента и предполагает использование специальных методов ректификации (азеотропной).

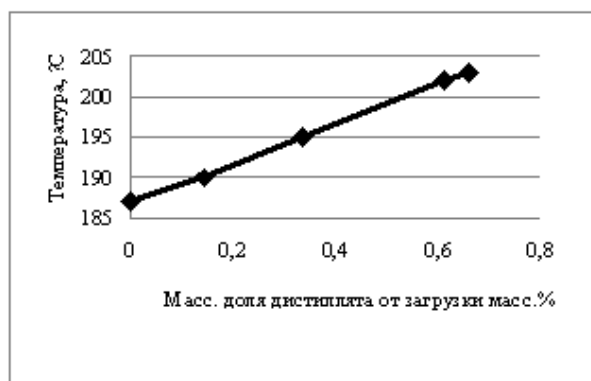
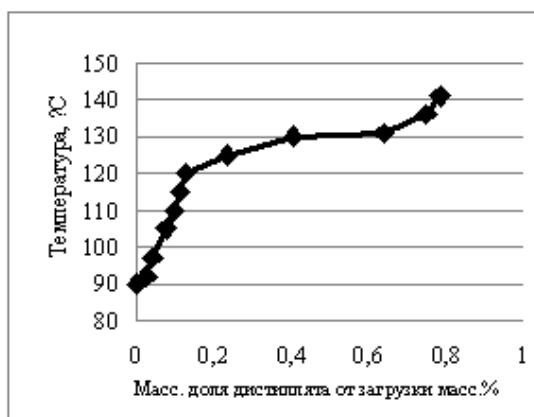
Экспериментальные, спрогнозированные и литературные данные подвергались математическому описанию с помощью уравнения Вильсона в программной реализации НИИНЕФТЕХИМа, г. Уфа. Параметры бинарного взаимодействия ( $\lambda_{12}$ ,  $\lambda_{21}$ ) определяли в предположении идеальности паровой фазы.

Результат математической обработки - параметры бинарного взаимодействия ( $\lambda_{12}$ ,  $\lambda_{21}$ ) для исследованных систем представлены в таблице 2.

Для разработки возможных вариантов разделения исследуемой смеси необходимо изучить распределение компонентов по фракциям, для чего был проведен ректификационный анализ на лабораторной насадочной колонне периодического действия с числом теоретических тарелок 10. Исследования проводились при атмосферном давлении. В куб колонны загружалась модельная смесь, по составу отвечающая промышленной. Распределение компонентов по ИТК (истинным температурам кипения) сольвента приведено на рисунке 1а, а отработанного сольвента на рисунке 1б.

Таблица 2 – Параметры уравнения Вильсона для бинарных составляющих исходной смеси

Система	Параметры	
	$\lambda_{12}$	$\lambda_{21}$
П-ксилол – М - ксилол	1,1080	0,8977
Этилциклогексан – П - ксилол	1,3340	0,5639
Этилциклогексан – М - ксилол	1,3420	0,5598
Этилбензол – П - ксилол	1,0790	0,9244
Этилбензол – М - ксилол	1,0660	0,9356
М – ксилол – Тетракозан	0,5630	1,3060
П – ксилол - Тетракозан	0,5617	1,3060
Этилциклогексан - Этилбензол	1,3060	0,7610
Этилбензол - Тетракозан	0,7288	1,1620
Этилциклогексан - Тетракозан	0,7462	1,3690
Вода - Тетракозан	15,0000	0,5108
Вода – М - ксилол	0,00005	0,00002
Вода - Этилциклогексан	0,00002	0,00001
Вода - Этилбензол	0,00016	0,00019
Вода – П - ксилол	0,00018	0,00007



а)

б)

Рисунок 1 – Ректификационный анализ

а) чистого сольвента, б) отработанного сольвента

По результатам разгонки по ИТК получаем, что смесь является непрерывно кипящей. Выделение чистых компонентов в дистиллят представляет сложную задачу.

Так, первая фракция отбиралась при температуре от 92°C до 97°C, вторая фракция - 97°C до 105°C, третья фракция при температуре от 105°C до 110°C, четвертая фракция от 110°C до 115°C, пятая фракция от 115°C до 120°C и т.д.

Анализ разгонки отработанного сольвента (рисунок 1б) показал, что всего было отобрано четыре порции дистиллята. Количество отработанного сольвента, загруженного в куб – 198 г. При температуре 187°C жидкость начала кипеть и выделять пары. Первая

фракция была отобрана в диапазоне температур 187 – 190°C в количестве 28 г. Вторая фракция в интервале 190 - 195°C в количестве 38 г, третья фракция в диапазоне температур 195 - 202°C в количестве 55 г и четвертая фракция при температуре 203°C – 10 г. Всего в результате эксперимента была выделено 131 г чистого сольвента, качество которого удовлетворяет техническим требованиям процесса флексографии.

Анализ отбираемого дистиллята проводился с помощью газожидкостной хроматографии на хроматографе «Хроматон ГХ-1000» с пламенно-ионизационным детектором (ПИД). При постановке лабораторного эксперимента варьировали скорость газа-носителя, температуру колонок ( $T_{\text{кол}}$ ), катарометра ( $T_{\text{кат}}$ ), ПИД ( $T_{\text{ПИД}}$ ) и испарителя ( $T_{\text{исп}}$ ).

В качестве жидкой фазы использован FFAP 15 % от массы носителя, который представляет собой сложный эфир полиэтиленгликоля и 2-нитротерефталевой кислоты. В качестве газа-носителя применялся водород. Для наиболее полного разделения смеси использовали хроматографическую колонку длиной 3 м и диаметром 3 мм. Температуру в колонке изменяли в пределах от 50°C до 150°C, детекторе до 220°C, испарителе до 220°C, скорость водорода – 30 см<sup>3</sup>/мин.

Проведенные исследования могут быть использованы для разработки принципиальных технологических схем регенерации сольвента, а также для оптимизации процесса ректификации.

## СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Антонов М.В. – студент, Азаренко Е.П. – студент, Курочкин Э.С. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Во многих областях современной техники очень часто приходится встречаться с колебательным движением механических систем (вибрация оборудования, сооружений и их отдельных элементов), которое при неблагоприятных обстоятельствах может вызвать значительные деформации и напряжения, привести к быстрому износу конструкций, и, даже к их разрушению.

Причинами вибрации химического оборудования и его очень часто бывают переменные инерционные силы движущихся частей машин и аппаратов и, в частности, неуравновешенные центробежные силы вращающихся деталей.

Снижение уровня вибраций оборудования до допустимых пределов является важным фактором создания нормальных условий труда и повышения надежности и долговечности машин и аппаратов.

Для борьбы с указанными нежелательными явлениями в технике широко используют различные методы виброизоляции машин. Так, применяя виброизолирующие амортизационные устройства, можно уменьшить влияние вибрации машин на опорную конструкцию (фундамент). Уменьшение вибрации достигают установкой между машиной и фундаментом таких упругих амортизаторов, которые обеспечивают уменьшение динамической возмущающей силы, передаваемой от неуравновешенной массы ротора машины на опорную конструкцию.

В качестве упругого элемента амортизатора могут быть использованы стальные пружины, резиновые изделия различной формы или изделия из других упругих материалов.

Амортизаторы помещают непосредственно под корпусом изолируемой машины или под жестким ее основанием (станиной). Необходимо учитывать, что удаление виброизолирующего устройства от центра масс агрегата в вертикальном и горизонтальном направлениях увеличивает частоту его собственных колебаний. Поэтому, при конструировании виброизолирующего устройства необходимо стремиться к тому, чтобы точка, через которую проходит равнодействующая реакций всех упругих амортизаторов при одинаковой их деформации (центр тяжести), лежала на одной вертикали с центром масс агрегата. Расстояние между центром жесткости и центром масс должно быть наименьшим.



На практике нашел применение и другой метод, заключающийся в использовании демпфирующих устройств, создающих сопротивление колебаниям агрегата. Широкое распространение получили гидродемпферы, создающие силу сопротивления колебаниям, пропорциональную скорости перемещения агрегата:

$$Q_{с.д.} = \alpha x,$$

где  $\alpha$ - коэффициент сопротивления;

$x$  – величина перемещения.

Гидродемпфер представляет собой гидроцилиндр, в поршне которого имеются переточные отверстия. Шток поршня крепится к основанию машины, а корпус к фундаменту.

Целью опытно-конструкторской разработки являлось проектирование, монтаж и испытание лабораторной установки для стенда изучения виброустойчивости машин. Целью испытания установки было исследование величины передаваемой нагрузки на фундамент при заданных характеристиках агрегата:

а) массы агрегата – 5,3 кг;

б) неуравновешенной массы ротора – установкой сменных грузов: 0,0143 кг, 0,029 кг, 0,053 кг;

в) эксцентриситетом с 0,049 м;

г) стальными пружинами: с модулем сдвига  $G=8,36 \cdot 10^4$  МПа; числом витков  $Z=10$ , средним радиусом витка  $R=12$  мм, диаметром сечения витка  $d=4$  мм;

д) диаметром пластины демпфера 210 мм.

Изготовленный нами лабораторный стенд (рисунок 1) представляет собой платформу 1 с установленным на ней электродвигателем постоянного тока 2, получающим питание через выпрямитель 3 от сети переменного тока. На оси двигателя находится диск с эксцентрично установленной массой 11. Частота вращения вала двигателя может меняться с помощью выпрямителя 5. Измерение частоты вращения осуществляется с помощью стендового тахометра, включающего тахогенератор 3 и показывающий прибор 4. Платформа 1 установлена на четырех симметрично расположенных пружинах 10, на линии центра тяжести агрегата имеется гидравлический демпфер 6. По требованиям техники безопасности, вращающиеся части закрытым кожухом. Амплитуда колебаний агрегата в вертикальном направлении измеряется по шкале 9 в свете импульсной лампы 8 стробоскопа 7. При этом используется эффект медленного движения стрелки по шкале 9, который наблюдается в импульсном свете при частоте мигания лампы, близкой к частоте колебания агрегата (вращения ротора).

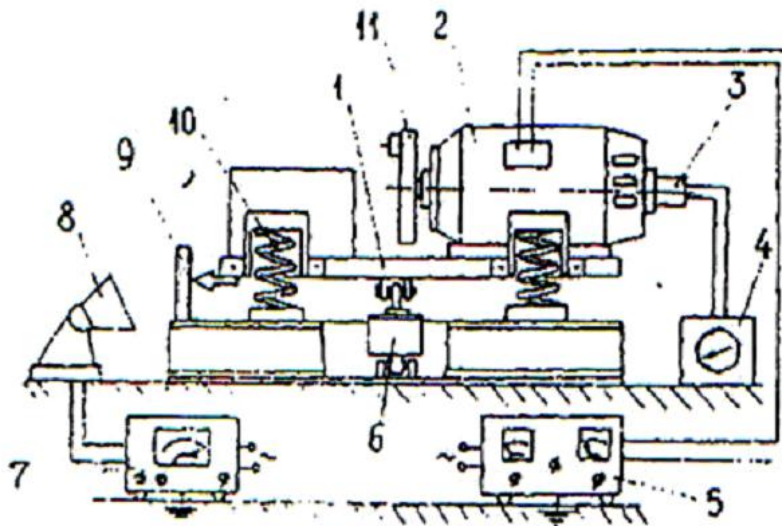
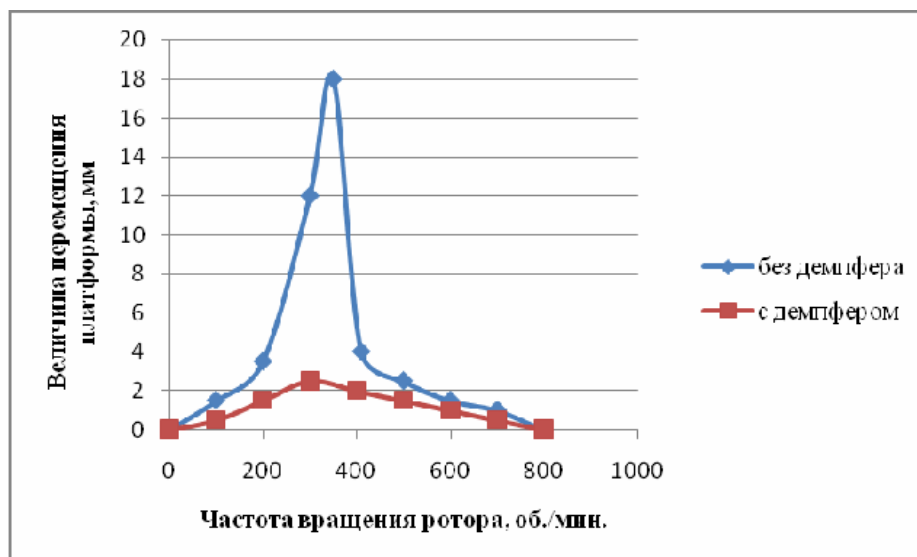


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки:  
 1 – платформа, 2 – электродвигатель, 3 – тахогенератор, 4 – тахометр, 5 – выпрямитель-регулятор, 6 – гидравлический демпфер, 7 – стробоскоп, 8 – импульсная лампа, 9 – шкала измерительная, 10 – пружины, 11 – диск с неуравновешенной массой

Методика испытания виброустойчивости состояла в следующем. Включается выпрямитель-регулятор и стробоскоп за 5-8 минут до начала исследования, что необходимо для предварительной зарядки емкости стробоскопа. Затем, плавно вращая ручку регулятора напряжения и одновременно наблюдая за амплитудой колебания агрегата, выявляется частота вращения ротора, при которой амплитуда имеет максимальное значение. Зная это значение частоты, соответствующее частоте свободных колебаний агрегата на пружинах, задаются необходимые количества и значение частот вращения ротора, при которых будут проводиться исследования по работе виброизолирующего устройства с отключенным и подключенным гидравлическим демпфером. С учетом резонансного явления, шаг изменения частоты вращения целесообразно брать неравномерным. При каждой назначенной частоте вращения ротора измеряется амплитуда колебания агрегата (деформация пружин) в вертикальном направлении.

Качественно виброустойчивость, по результатам опытов оценивалась по амплитуде колебаний платформы в вертикальной плоскости с демпфером и без него построением графиков в координатах: величина перемещения платформы от частоты вращения ротора (рисунок 2). Максимальное экспериментальное значение динамического усилия, передаваемого на фундамент, определялось по известной формуле  $|Q_{d. max}| = k |x_{max}|$ , где  $|x_{max}|$  - экспериментальное значение амплитуды колебания агрегата,  $k$  – коэффициент упругости опоры платформы из 4-х пружин, определяется исходя из ее характеристик –  $G, d, R, Z$ .



Результаты расчетов свидетельствуют, что величина динамического усилия, передаваемого на фундамент, уменьшается с использованием демпфера в несколько раз. В случае, например, неуравновешенной массы 53 г с эксцентриситетом 49 мм динамическая нагрузка снизилась в 6 раз.

В целом, установку можно рекомендовать в качестве стенда в лабораторном практикуме по изучению виброустойчивости машин.

#### Список использованных источников

1. Основы расчета и конструирования деталей и узлов пищевого оборудования /Соколов В.И. – Изд. 2-е.-М., «Машиностроение», 1970.- 422 с.

### РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ СОЛЬВЕНТА НА ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИКО-ТОПОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Компанец М.Н. – студент, Михалева Н.В. – студент, Лазуткина Ю.С. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Синтез принципиальных технологических схем разделения (ПТСР) многокомпонентных органических смесей является комплексной научно-технической проблемой, которая решается итерационными методами. Наличие азеотропов различной размерности накладывает ограничения на разделение сложных смесей.

Указанное ограничение связано с особенностями структуры диаграммы фазового равновесия жидкость-пар. Такие диаграммы содержат первичную информацию о возможных вариантах схем ректификационного разделения смесей. Получение и целенаправленное использование этой информации на этапе синтеза ПТСР многокомпонентных неидеальных смесей с использованием метода ректификации составляет сущность термодинамико-топологического анализа (ТТА), разработанного в научной школе Л.А. Серафимова и В.Т. Жарова.

Для осуществления ТТА необходимо располагать информацией обо всех особых точках концентрационного симплекса, который представляет собой многомерную фигуру, характеризующую основные свойства концентрационного пространства, которые ставятся в соответствие исследуемой смеси [1].

В основу метода определения структур фазовых диаграмм могут быть положены правила азеотропии [2], а также локальные закономерности для многокомпонентной смеси, изложенные в [3].

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

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

где  $n$  – количество компонентов смеси;

$g$  – определяемые составляющие.

Указанные составляющие пятикомпонентной смеси представлены в таблице 1.

Следовательно, в системе имеется 15 бинарных, 20 тройных, 15 четверных и 6 пятикомпонентных составляющих, в том числе азеотропные, которые могут существенно усложнить процесс разделения смеси на индивидуальные компоненты.

Таблица 1 – Составляющие шестикомпонентной смеси

Составляющие смеси	Количество компонентов смеси, $n$	Определяемые составляющие, $g$	Число $Z$ возможных составляющих
Бинарные	6	2	15
Тройные	6	3	20
Четверные	6	4	15
Пятикомпонентные	6	5	

Теоретической основой ТГА являются локальные и нелокальные закономерности диаграмм фазовых равновесий. В общем случае тип особой точки, определяемой характеристическим уравнением, описывает локальные закономерности поведения дистилляционных линий. Нелокальные закономерности относятся ко всей структуре симплекса и характеризуются соотношением особых точек разных типов, описываемых правилами азеотропии. Особыми точками системы будут вершины фигур, поставленные в соответствие чистым компонентам, а также точки составов азеотропов. Особые точки, являющиеся начальными и конечными точками дистилляционных линий, называются узлами. Если все дистилляционные линии выходят из вершины - это неустойчивый узел, если все линии сходятся в ней - устойчивый узел. Если дистилляционные линии не проходят через точку, а имеют вблизи нее гиперболический ход, то такая точка называется седлом.

Состав изучаемого сольвента формируют шесть основных компонентов: М – ксилол (МК), П – ксилол (ПК), тетракозан (ТК), этилбензол (ЭБ), этилциклогексан (ЭЦГ) и вода (В).

В вышеуказанной шестикомпонентной системе в литературных источниках установлено наличие трех минимальных бинарных азеотропов – вода – М – ксилол, вода – П – ксилол, вода – этилбензол, данные по азеотропии в остальных бинарных составляющих сольвента не встречены.

Размерности разделяемой смеси В (1) - ЭЦГ (2) - ЭБ (3) - ПК (4) - МК (5) – ТКЗ (6) соответствует геометрическая фигура - гексатоп. Проекция гексатопа на плоскость с набором особых точек и связей между ними показана на рисунке 1. В скобках указаны температуры кипения чистых компонентов.

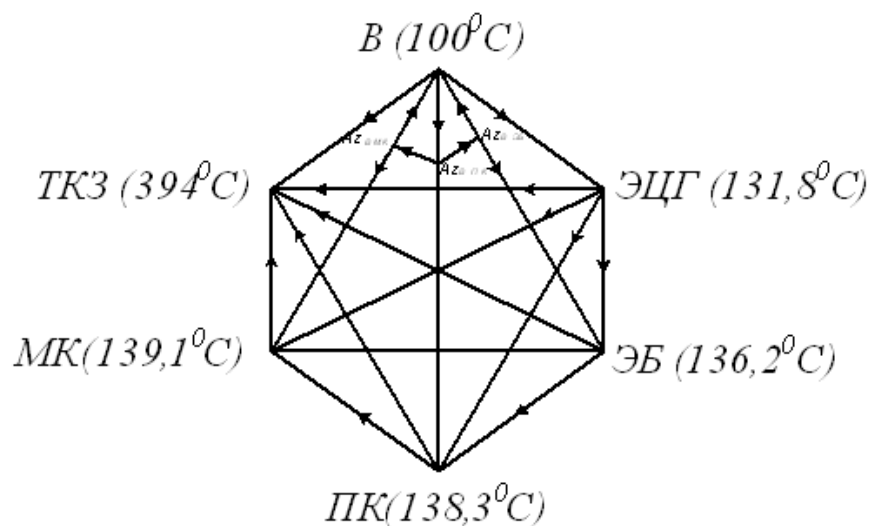


Рисунок 1 – Структура фазовой диаграммы исходной смеси

Многомерность концентрационного симплекса не позволяет строго зафиксировать положение фигуративной точки состава исходной смеси, но позволяет определить начальные и конечные точки пучка дистилляционных линий. Фазовая диаграмма содержит следующие особые точки: один неустойчивый узел ( $N_o^-$ ) –  $A_{B-ПК}$ ; устойчивый узел ( $N_o^+$ ) – ТКЗ; остальные точки являются седлами относительно объема гексадопа.

Данная структурная диаграмма фазового равновесия характеризуется своей укладкой пучков траекторий. Форма их укладки отражает физико - химическую природу разделяемой смеси и определяет поведение компонентов в процессе ректификации.

#### Список использованных источников

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

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА

Титова К.Ю. – магистрант, Горелова О.М. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

С ростом городов, развитием промышленности во всех регионах РФ, проблема оптимизации взаимодействия человека и природы является актуальной, поскольку решение ее имеет большое значение для сохранения природной среды. Один из источников антропогенного влияния городов на объекты природы - бытовые сточные воды и осадки, образующиеся при очистке стоков. На одного человека в России в год образуется более 30 кг сухого осадка, что при численности населения 148 млн. человек, в том числе городского населения свыше 100 млн. человек, составит 4,4 млн. т в год.

Такое количество образующихся отходов требует значительных затрат и производственных площадей для организации экологически безопасного их хранения. Существующие технологии предварительного обезвреживания и обезвоживания таких отходов являются энергоемкими, продолжительными во времени и для их реализации используется дорогостоящее оборудование.

Осадки канализационных очистных сооружений характеризуются высоким содержанием ценных органических веществ, но в тоже время в них присутствует бактериальное загрязнение - патогенные термотолерантные микроорганизмы, простейшие, микробы и вирусы. Кроме того в указанных отходах содержатся соли тяжелых металлов в количествах, опасных для компонентов окружающей среды.

При строительстве новых или реконструкции действующих городских очистных сооружений создание систем обеззараживания и обезвоживания образующихся осадков с целью их последующей утилизации приводит к увеличению капитальных вложений в 1,8-2,3 раза. За счет размещения оборудования для обработки осадков производственные площади также увеличиваются в 1,7 раза. Эксплуатационные затраты на обработку, вывоз и размещение осадков тоже являются значительными.

Осадки канализационных сточных вод представляют собой важнейший источник органических, питательных и биологически активных веществ, так как в их состав входит избыточный активный ил. Использование обезвреженных осадков в качестве удобрений будет обогащать почвы органическим углеродом и минеральными элементами питания для растений.

Активный ил обладает способностью сорбировать и удерживать своей массой ионы тяжелых металлов, что благоприятно при очистке стоков, но ограничивает использование отработанного ила в качестве сельскохозяйственного удобрения.

Выведение тяжелых металлов из избыточного активного ила позволит использовать его как удобрение для сельскохозяйственных культур.

Выщелачивание металлов из осадков сточных вод является давней проблемой во всем мире, не решенной до настоящего времени. Тем не менее, имеются исследования в указанном направлении. Например, для выщелачивания металлов из свежего активного ила предлагается использовать малорастворимые соли кальция. Исследования проводились с добавлением к активному илу гипса или фосфогипса – отхода производства фосфорной кислоты и фосфатных удобрений.

Задачей наших исследований явился поиск реагентов, способствующих переходу ионов металлов из избыточного активного ила в надилловую воду при аэробной стабилизации. В дальнейшем предполагается отделение ила от воды и его сушка. В надилловую воду будет добавляться сода или известняк, для получения нерастворимых солей тяжелых металлов.

Выбор добавок, инициирующих переход металлов из активного ила в воду, осуществлялся согласно следующим требованиям: доступность и невысокая стоимость реагента, несложная промышленная реализация его применения.

При проведении исследований нами в качестве возможных добавок рассматривались:

- известняк;
- хлорид кальция, поскольку он может являться побочным продуктом содового производства и не использоваться в полном объеме;
- гипс с содержанием фосфатов.

Результаты исследований показали, что способность замещать такие металлы, как цинк, медь, никель, марганец, железо на кальций имеется только у свежеснятого ила.

При выдержке избыточного ила без аэрации, его свойства сильно меняются: при введении кальцийсодержащих добавок происходит удаление ионов металлов из надилловой воды в осадок, что противоречит поставленным целям.

Использование избыточного активного ила после обезвреживания на полях в качестве эффективного органического удобрения обеспечит сельхозпроизводителей недорогими ресурсами, значительно уменьшит нагрузку на литосферу, связанную с размещением токсичных осадков.

# СОЗДАНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ НИКЕЛЯ

Озерская А.С. – студент, Сомин В.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Несмотря на постоянное совершенствование старых и создание новых технологий, к числу наименее экологических производств относится гальваническое. Оно отличается большим потреблением воды высокого качества и образованием высокотоксичных стоков. Средний объем сточных вод, образующихся на одном гальваническом производстве, составляет 600–800 м<sup>3</sup>/сут. Ежегодно в окружающую среду выбрасывается до 1 км<sup>3</sup> токсичных сточных вод, содержащих 50 тыс. т. ионов тяжелых металлов, 25–30 % этих стоков попадает в водные бассейны [1].

Ионы тяжелых металлов, обладающие специфическими токсичными свойствами, являются устойчивыми загрязнителями с кумулятивным действием. Многие из металлов в водных растворах образуют синергетические смеси, токсичные свойства которых превышают аналогичные свойства отдельных компонентов. Повышение требований к качеству воды и допустимым концентрациям загрязнений в сточных водах заставляют вести поиск экономически приемлемых способов удаления тяжелых металлов из природных и сточных вод. К методам, успешно применяемым для решения этой проблемы и являющимся достаточно эффективными, можно отнести сорбцию природными сорбентами.

Использование таких сорбентов в очистке сточных вод приемлемо с экологической и экономической точки зрения, но зачастую такие материалы не обладают нужными сорбционными свойствами и их необходимо химически модифицировать. В результате модифицирования получают сорбенты с отличной от исходного материала природой поверхности и сочетающие в себе полезные свойства исходного материала и синтетических сорбентов.

Нами предложено использовать в качестве основы для производства сорбентов древесные опилки, в частности сосновые, модифицированные раствором гидроксида натрия с концентрациями: 100 мг/л, 200 мг/л и 500 мг/л, 0,5 Н раствором соляной кислоты.

В результате проведенных исследований было выявлено, что максимальная степень извлечения ионов никеля в статических условиях наблюдается у материала на основе сосновых опилок, модифицированных раствором гидроксида натрия концентрацией 500 мг/л и составляет 59 мг/л.

Для выявления возможности использования полученных сорбентов для очистки воды от ионов никеля (II) были проведены эксперименты по изучению их динамической емкости. Для этого были приготовлены растворы сульфата никеля с концентрацией 1 мг/л. В качестве загрузки использовались сосновые опилки, модифицированные раствором гидроксида натрия концентрацией 500 мг/л, а также материал на основе сосновых опилок, модифицированных 0,5 Н раствором соляной кислоты и бентонитом Хакасского месторождения. Для регенерации материалов были использованы растворы гидрокарбоната натрия концентрацией 100 мг/л и раствор гидроксида натрия 500 мг/л. На регенерированном сорбенте была изучена эффективность извлечения ионов никеля в зависимости от удельного объема раствора, время защитного действия фильтра и полная динамическая емкость.

Время достижения защитного действия фильтра определялось временем достижения на выходе конечной концентрации равной 0,5 мг/л, которая соответствует 50% эффективности очистки.

Для материала на основе сосновых опилок и бентонита время защитного действия фильтра составило 67 мин, после проведения двух регенераций время увеличилось до 90 мин. Для сосновых опилок, модифицированных 0,5 Н раствором соляной кислоты, время защитного действия оказалось в 5 раз меньше по сравнению с материалом на их основе.

В результате эксперимента было определено, что наибольшая динамическая емкость характерна для материала на основе опилок и бентонита и составляет 5,77 мг/г.

Проведенные исследования показали, что модификация опилок кислотой и бентонитом приводит к более значительному увеличению сорбционной емкости по отношению к опилкам, полученным без применения бентонитов.

#### **Список использованных источников**

1. Скороходов В.Ф., Месяц С.П., Остапенко С.П. Решение проблемы очистки сточных вод промышленных предприятий от многокомпонентных загрязнений // Горный журнал. – 2010. – № 9. – С. 106–108

## **РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ЭКОЛОГИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ БЕНЗОЛА СЫРОГО КОКСОХИМИЧЕСКОГО**

Григорова М.Ю. – студент, Горелова О.М. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Экологизация коксохимических производств имеет большое значение для защиты окружающей природной среды, поскольку коксохимия относится к числу отраслей производств, отходы которых высокотоксичны, обладают канцерогенными и мутагенными действиями.

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) улавливают из коксового газа поглотительным маслом в бензольном отделении. Основную массу СБ составляют всего лишь несколько ароматических соединений - бензол, толуол, ксилолы, триметилбензолы. Отдельные компоненты сырого бензола являются весьма ценными.

Сырой бензол имеет в своем составе нежелательные при дальнейшем использовании примеси, такие как непредельные и сернистые соединения, наличие которых исключает при ректификации возможность непосредственного получения чистых продуктов без предварительной обработки. В то же время, 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 должна осуществляться таким образом, чтобы получающиеся бензольные продукты не содержали непредельных и сернистых соединений или же содержали в очень незначительных количествах, при которых исключено их вредное влияние в процессе производства синтетических продуктов.

Таким образом, в любую технологическую схему переработки сырого бензола обязательно включается предварительная стадия, назначение которой – удалить примеси непредельных и сернистых соединений, а затем переходить к ректификации очищенного сырья и получению товарных продуктов. Наиболее распространенными способами очистки СБ от нежелательных примесей являются сернокислотный способ и гидроочистка.

При сернокислотном способе происходит перевод сернистых и непредельных соединений в высококипящую смесь – «кислую смолку» под действием серной кислоты.

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 продуктов сульфирования или каталитической гидроочистки осуществляется методом ректификации, являющимся



одним из наиболее эффективных способов разделения жидких смесей на отдельные компоненты.

Предварительная подготовка СБ требует дополнительных материальных ресурсов (серной кислоты или водородсодержащего газа), энергоресурсов для проведения процесса, особенно гидроочистки. Поэтому, целью наших исследований явился поиск альтернативных способов ректификационного разделения сырого бензола без предварительной очистки от непредельных и сернистых соединений.

Ближайшим по температуре кипения непредельным соединением является циклопентадиен, но его не сложно при ректификации отделить от бензола.

Основную трудность представляет отделение от бензола серосодержащей примеси – тиофена, образующего с бензолом азеотропную смесь. Для решения сложной технологической задачи мы обратились к специальному методу ректификации – экстрактивной. В качестве возможной экстрактивной добавки согласно рекомендациям литературы, рассматривался диметилформамид (ДМФ).

Для изучения процесса ректификации была сформирована база данных из свойств чистых веществ, входящих в исследуемую смесь, и принятой добавки. Следующим шагом явилось исследование равновесия жидкость-пар в бинарных и многокомпонентных составляющих рассматриваемой системы. 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.

На первом этапе вычислительного эксперимента нами была предпринята попытка отделить тиофен от бензола без введения ДМФ с потерями целевого компонента. Результаты расчетов показали, что при очистке сырого бензола от тиофена на колонне эффективностью 30 теоретических тарелок при высоких флегмовых числах (30-50) потери бензола составляют 67 % от потенциала. Поэтому далее рассматривалось использование экстрактивной добавки.

На рисунке 1 представлено равновесие жидкость-пар в системе бензол-тиофен при введении в нее 10, 20 и 30 % масс. ДМФ.

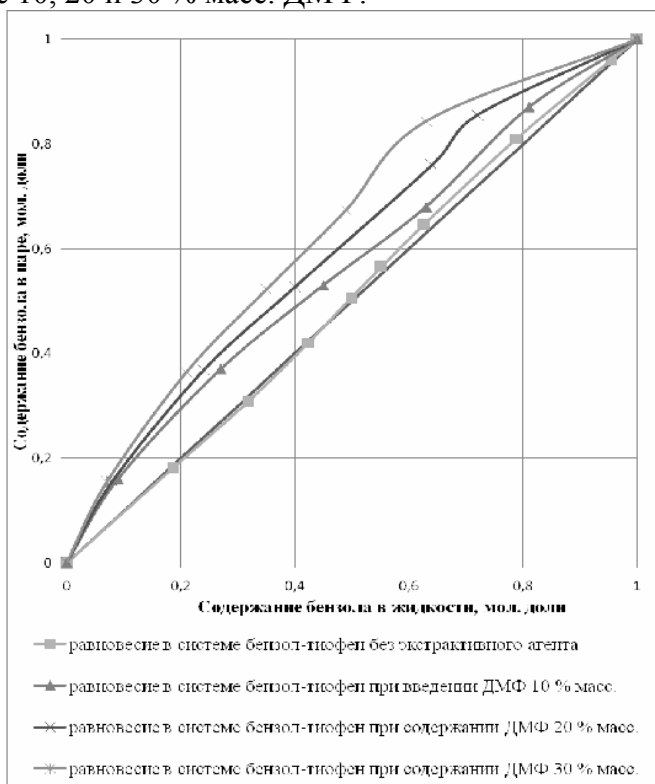


Рисунок 1 – Равновесие жидкость-пар в системе бензол-тиофен без экстрактивного агента и добавлении ДМФ

Зависимости на рисунке 1 показывают, что введение экстрактивного агента ДМФ увеличивает относительную летучесть бензола и может способствовать ректификационному разделению пары бензол-тиофен.

Расчет процесса ректификации показал малую эффективность разделения при реализации экстрактивной ректификации: при флегмовых числах порядка 50, общей эффективности колонны 30 теоретических тарелок и содержании ДМФ в сыром бензоле 30 % масс., выделить бензол в дистиллят без примеси тиофена не представляется возможным.

Таким образом, мы доказали, что предварительная подготовка сырого бензола неизбежна и она осуществляется с участием серной кислоты при комнатной температуре, т.к. при таких условиях в реакции сульфирования участвуют только циклопентадиен и тиофен, когда как при повышенной температуре – бензол и толуол. Полученный отход – «кислая смолка» может быть утилизирован как добавка в серосодержащие бетоны.

При реализации ректификационного процесса в дистиллят последовательно выделяются циклопентадиен, бензол и толуол, а алкилбензольная фракция будет в кубовом остатке.

На основании проведенных исследований нами предложена технология разделения сырого коксохимического бензола, отвечающая требованиям экологии и ресурсосбережения.

## ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Осокин В.М. – аспирант, Радченко Н.П. – магистрант, В.А. Сомин – к.т.н., доцент

Одной из основных составляющих охраны водных ресурсов является очистка воды от промышленных загрязнителей. При этом выбранный метод очистки должен отвечать основным требованиям – обеспечивать высокую эффективность и быть экономически доступным и целесообразным. В связи с этим, в настоящее время является актуальной задача разработки новых технологий, позволяющих эффективно извлекать загрязнения с минимальными затратами. В частности, для замены традиционных сорбентов могут быть использованы материалы, созданные на основе отходов различных отраслей промышленности: деревообработки, зерноперерабатывающей, текстильной и других, а также побочные продукты и отходы растениеводства.

В процессе исследования сорбционных характеристик сорбентов необходимо не только определить их емкость по отношению к извлекаемому веществу, но и оценить возможность практического применения сорбционного материала. Поэтому одним из направлений исследований является изучение сорбционной емкости в динамических условиях.

Для определения полной динамической обменной емкости графическим методом первоначально был проведен эксперимент по изучению очистки воды от соединений меди на растворе с начальной концентрацией 10 мг/л для различных опилок. В результате была построена зависимость изменения начальной и конечной концентраций ( $C_H - C_K$ ) от пропущенного объема раствора ( $V$ ), которая описывается уравнением:

$$V = -0,0172dC^5 + 0,2989 dC^4 - 1,8467dC^3 + 4,8513dC^2 - 6,3446dC + 12,977.$$

График зависимости представлен на рисунке 1.

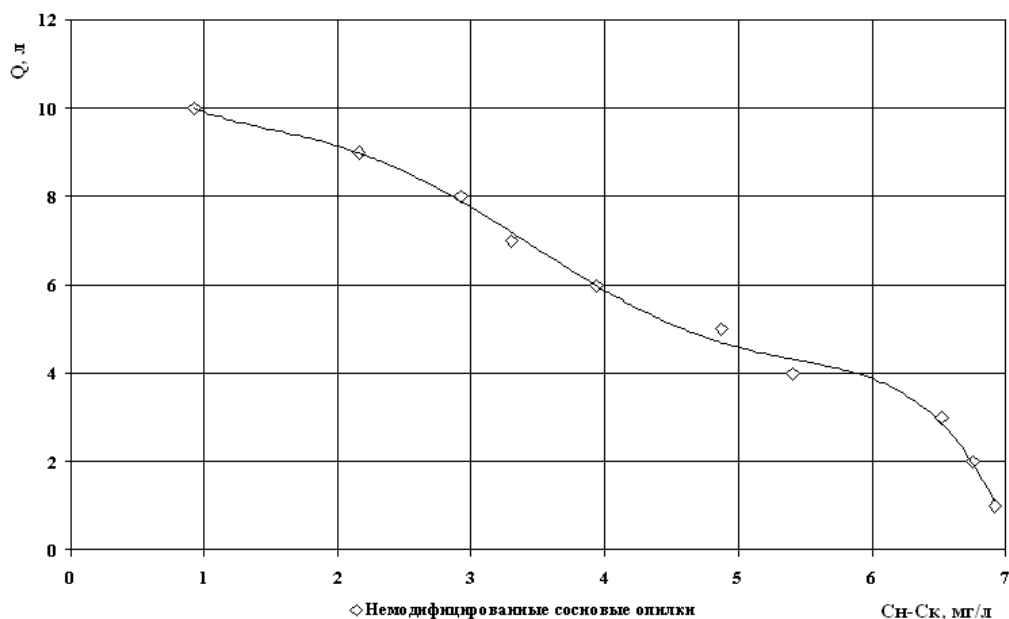


Рисунок 1 – Зависимость разности концентраций в растворе ( $C_n - C_k$ ) от объема раствора (V), пропущенного через сосновые опилки

Интегрируя данное уравнение по оси  $C_n - C_k$ , получили значение полной динамической обменной емкости, равное 1,93 мг/г. Данное значение незначительно отличается от значения динамической емкости по методике ГОСТ 20255.2-89.

Как видно, целлюлозосодержащие материалы обладают некоторой сорбционной способностью. Однако применение их в чистом виде в качестве сорбентов малоэффективно, поэтому требуется подвергать их модификации различными способами.

Обработка материалов такими модификаторами, как соляная, ортофосфорная кислоты, гидроксид натрия, позволяет увеличить удельную поверхность сорбента, что, в свою очередь, повышает его сорбционную емкость.

Для модификации сосновых опилок нами проводилась их обработка раствором соляной кислоты с последующей отмывкой и сушкой. Определение сорбционных характеристик полученного материала осуществлялось проведением эксперимента, аналогичного предыдущему.

Зависимость  $V = f(C_n - C_k)$  модифицированных сосновых опилок описывается уравнением:

$$V = -0,1194dC^3 + 1,1362dC^2 - 4,2011dC + 14,413$$

График зависимости представлен на рисунке 2.

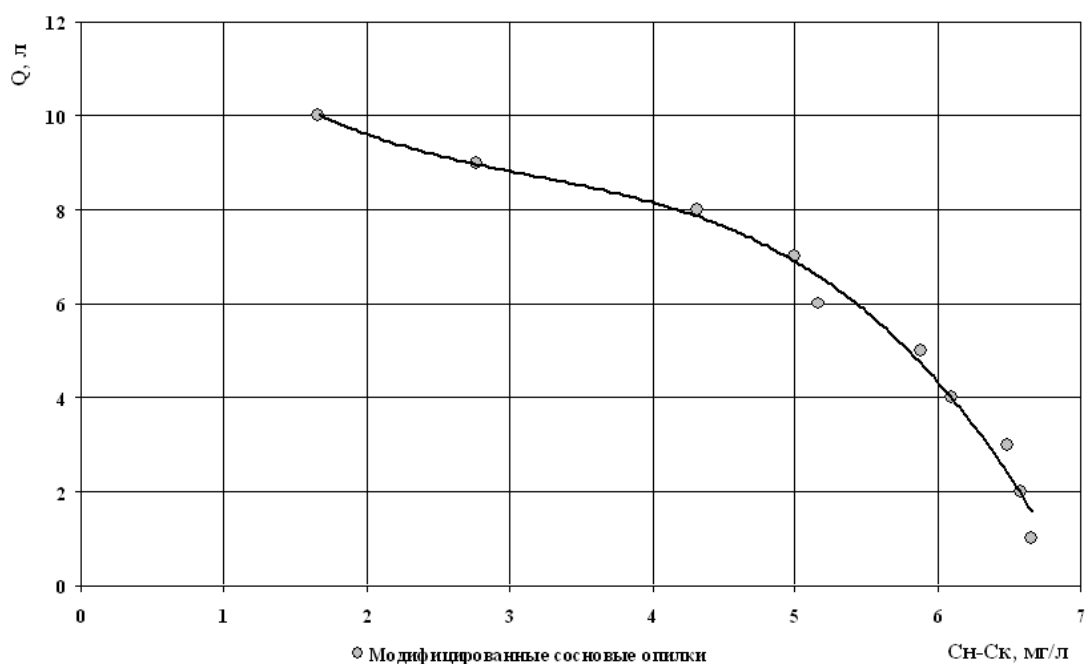


Рисунок 2 – Зависимость разности концентраций в растворе ( $C_n - C_k$ ) от объема раствора ( $V$ ), пропущенного через модифицированные сосновые опилки

Значение полной динамической емкости модифицированных сосновых опилок составило 2,23 мг/л.

Видно, что динамическая емкость модифицированных опилок выше немодифицированных вследствие увеличения удельной поверхности.

Изучение полной динамической емкости полученных сорбционных материалов показало возможность их практического применения для очистки воды от ионов тяжелых металлов, при этом целесообразно провести дополнительные исследования по подбору модификаторов.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОПУТНОГО ГАЗА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ НА ООО «СИБИРСКИЙ БАРРЕЛЬ»

Михайлова О.С. – студент, Горелова О.М. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В течение многих десятилетий на нашей планете господствовала концепция покорения природы. В основе ее лежали технократические принципы мышления. Однако в последнее время стало очевидно, что окружающую среду, хозяйственную и научную деятельность следует рассматривать как единую систему. Только при таком подходе появляется возможность устранить противоречия между социально-экономическим прогрессом общества и необходимостью сохранения устойчивости и целостности экосистем.

Потребление в развитых странах мира увеличивается в геометрической прогрессии. Например, топливно-энергетических ресурсов за последние 25-30 лет на планете использовано столько же, сколько за всю предыдущую историю человечества, причем примерно три четверти из них приходятся на долю нефти и газа.

В настоящее время существенно увеличилась опасность ухудшения экологической ситуации на действующих производствах, что объясняется постоянными финансовыми потрясениями, хроническим несоблюдением технологических режимов, ветхостью оборудования и т.д.

Предприятия нефтеперерабатывающей промышленности России в последнее время ежегодно выбрасывают в атмосферу более 2,5 млн. т загрязняющих веществ, сжигают около 6 млрд. м<sup>3</sup> нефтяного газа, забирают из водоемов 740 млн. м<sup>3</sup> пресной воды. В связи с этим,

необходимо искать пути по снижению воздействия нефтеперерабатывающей промышленности на окружающую природную среду.

Первичная переработка нефти предполагает ее обессоливание и разделение на атмосферной фракционирующей ректификационной установке. При этом в качестве отхода образуется газовая углеводородная смесь (попутный газ), которая сбрасывается на общую факельную систему сжигания. Использование попутного газа способно повысить рентабельность производства и решить экологические вопросы.

На ООО «СИБИРСКИЙ БАРРЕЛЬ» (с. Зональное Алтайского края) производится фракционирование нефти с получением нефраса, печного топлива и мазута. В настоящее время обогрев кубов колонн осуществляется за счет сжигания собственного мазута. Использование попутного газа, ранее сжигаемого в факеле, для теплоснабжения ректификационной установки позволит реализовывать потребителю дополнительное количество товарного продукта - мазута.

Система сбора, транспортировки и сжигания смеси углеводородных газов (СУГ) позволит улавливать сбрасываемые газы и подавать их на газогорелочные устройства, которые нагревают нефть в кубовой емкости ректификационной колонны. Это предполагает улучшение экологической обстановки на объекте и вблизи него за счет того, что сжигание попутных газов в технологическом цикле будет производиться на современных горелочных устройствах с высоким КПД и минимальным выделением угарного газа и сажи. Таким образом, процесс использования попутного газа соответствует передовым инженерным решениям.

Для отбора газовой смеси в понтонные цистерны, в которых накапливаются продукты нефтепереработки после перегонки, до дыхательного клапана врезается тройник, с которого и происходит отбор СУГ. Далее через систему технологических трубопроводов, через фильтр, СУГ попадает на вход компрессорных установок, откуда под давлением до 1,56 МПа идет в резервуар для накопления и временного хранения. При указанном давлении газовая смесь будет сжиженной.

После резервуара для хранения СУГ будет располагаться испарительная установка и конденсатосборник. Компрессорные установки, резервуар и испарительная установка обвязаны между собой газопроводами высокого давления.

СУГ в жидкой системе под давлением из стационарного резервуара поступает в испарительную установку по проектируемым газопроводам. В испарительной установке СУГ газифицируется. Далее горючий газ поступает через конденсатосборник к потребителям - газогорелочным устройствам. Неиспарившийся остаток скапливается в конденсатосборнике.

Система топливоснабжения с использованием попутного нефтяного газа позволит сократить количество вредных выбросов в атмосферу до минимума и уменьшить санитарно-защитную зону объекта.

## ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ КОТЛОВ БТЭЦ-2, ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Фараносова О. И. – студент, Андреева Н. Г. – к. т. н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Особое внимание сегодня уделяется экологическому воздействию на среду обитания, которое оказывает антропогенная деятельность человека, в частности, и тепловые станции.

Под экологическим следует понимать такое воздействие, которое нарушает исторически сложившиеся процессы обмена веществом и энергией в окружающей среде. Масштабы этого воздействия, оказываемого техногенной цивилизацией нашей планеты – огромны.

Среди различных составляющих экологического кризиса (истощение сырьевых ресурсов, нехватка чистой пресной воды, возможные климатические катастрофы) наиболее важной представляется проблема истощения водных ресурсов планеты.

Тепловые электростанции потребляют большое количество воды. Основными потребителями являются конденсаторы турбин, где вода (циркуляционная) используется для конденсации отработавшего пара и поддержания вакуума. Кроме того, вода расходуется для охлаждения водорода генераторов и охлаждающего воздуха крупных электродвигателей, для охлаждения масла турбогенераторов и питательных турбонасосов, для охлаждения подшипников вспомогательных механизмов техническая вода, для гидрошлакозолоудаления, для восполнения потерь пара и конденсата в цикле станции.

Качество водоподготовки должно быть максимально высоким [1], повышение требований к качеству воды требует и более эффективных и экологических способов очистки природных и сточных вод предприятий энергетического комплекса.

В настоящее время предварительная водоподготовка - очистка воды на ТЭЦ-2, как и на большинстве ТЭЦ России, осуществляется химическими методами, а именно ионным обменом, при этом расходуется около 2000 тонн реагентов и образуется около 400 тыс. тонн сточных вод в год. Во время охлаждения и обескислороживания воды, с парами и капельным уносом на градирнях теряется огромное количество тепла и воды.

С этой точки зрения экономии водных ресурсов, необходимость исследований, направленных на создание и изучение бессточных технологических систем в отрасли энергетики, особенно актуальна.

На тепловых электростанциях применяются различные методы обработки воды, однако в основном их можно разделить на безреагентные, или физические методы и методы, в которых используются различные препараты (химические реагенты). Безреагентные (физические) методы применяются и как отдельные этапы в общем технологическом процессе обработки воды, и как самостоятельные методы, обеспечивающие получение воды требуемого качества. Применяя химическую обработку (включая также методы ионного обмена), можно получить как умягченную, так и глубоко обессоленную воду; при одном из наиболее распространенных на станции физических методов – термической обработке воды – всегда получают дистиллят, т.е. воду с очень небольшим содержанием примесей. Однако в ряде случаев при термической обработке, проводимой в целях глубокого обессоливания, применяется умягченная вода, т.е. вода, уже прошедшая химическую обработку или ионирование.

При эксплуатации водоподготовительных установок образуются сточные воды в количестве 5-20 % расхода обрабатываемой воды. Эти стоки обычно содержат шлам, состоящий из карбонатов кальция и магния, гидроксида магния, железа и алюминия, органических веществ, песка, а так же различные соли серной и соляной кислот с концентрацией, достигающей десятков грамм на кубический дециметр, переходящие в стоки при регенерации фильтров. С учетом известных предельно допустимых концентраций вредных веществ в водоемах стоки водоподготовительных установок перед их сбросом должны соответствующим образом очищаться, причем затраты на обезвреживание стоков обычно сопоставимы с затратами на приготовление воды требуемого качества, поэтому задача создания малосточных водоподготовительных установок является актуальной [1].

Предприятием ООО «Экотех-99» в 90-х годах была разработана (патенты № 2223131, № 2218972, № 31337, № 2241512, № 2259514, Российская федерация и др.) уникальная технология и конструкция термообессоливающей установки, работающей в условиях вакуума, и обеспечивающей качественную генерацию вторичного пара в камерах, имеющих очень малые высоты паровых пространств. Высокие паросепарационные и термодинамические характеристики испарителя позволили создать компактные установки с большим числом ступеней, обеспечивающие высокую тепловую экономичность установки. На выработку 8-9 т дистиллята требуется всего 1 т низкочастотного пара

(давлением от 0,12 МПа), а низкие температуры парообразования в диапазоне 40 ... 100 °С и организация кипения в свободном объеме за счет адиабатного процесса позволяют обеспечить «без накипную» работу установок в условиях упрощенной обработки исходной воды, исключая ионообменные технологии.

Для большинства рек России, как показали исследования МЭИ (кафедра ТВТ Богловский А.В.), для обеспечения «безнакипной» работы ИМВ «Экотех» достаточна механическая фильтрация исходной воды с последующей обработкой антинакипинами (на основе фосфонатов, ПАФ-13, ИОМС, НТФ и т.п.) и корректировкой щелочности выпариваемой воды небольшим подкислением (до  $\text{pH} \approx 9,0$ ).

Такое положение дел позволит полностью отказаться на ТЭС от закупки ионообменных смол (поставляемых в основном по импорту), а также снизить в десятки раз потребление кислоты и щелочи, что положительно отразится на экологии прилегающих к ТЭС водоемов.

С целью уменьшения количества загрязнений в процессе водоподготовки на БТЭЦ-2 рациональна замена ионообменных установок на испаритель мгновенного вскипания (ИМВ).

Работа ИМВ организуется следующим образом. Циркуляционная вода после головного подогревателя поступает в первую ступень ИМВ, где расширяется, при этом температура воды снижается, генерируемый пар, пройдя систему паросепарации, поступает в камеру конденсации, где конденсируется на трубках, отдавая тепло циркуляционной воде, которая течет внутри трубок. Неиспарившаяся вода далее через водоперетечные устройства поступает в следующую камеру, где повторяется процесс расширения с образованием и последующей конденсацией пара. Такая многократная, многоступенчатая технология позволяет возратить до 90% и более тепла в цикл ИМВ, а это, в свою очередь, снижает потребление стороннего тепла.

Циркуляционная вода после 10-й ступени поступает на циркуляционный насос и далее возвращается в систему последовательно установленных конденсаторов первого корпуса, где подогревается генерируемым паром в каждой ступени. Продувка первого корпуса поступает в качестве питательной воды во второй корпус, где ступенчато упаривается до значений, обеспечивающих безнакипную работу ИМВ [2].

Использование ИМВ для получения обессоленной воды для котлов БТЭЦ-2 позволит значительно улучшить технико-экономические показатели производства тепловой и электрической энергии и в некоторой степени решить проблему исчерпания и ухудшения качества водных ресурсов.

#### **Список использованных источников**

1 Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов.- М.: Издательство МЭИ, 2003.

2 Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник./Под ред. Н. Н. Логинова – Л. Машиностроение, 1970 – 752 с.

## **РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ РАССОЛОВ ДЛЯ ПОСОЛКИ СЫРОВ**

Рузаева Н.А.. – студент, Полетаева М.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сыр – это пищевой продукт, вырабатываемый из молока путем коагуляции белков, обработки полученного белкового сгустка и последующего созревания сырной массы [1].

Наиболее распространённым способом соления сыров является погружение головки сыра в рассол, определенной концентрации (20-21%), температуры (10-12°), кислотности ( $\text{pH}$  рассола 5,0-5,2) – как одиночных головок, так и головок сыра в контейнерах из нержавеющей стали, которые помещаются в бетонных или нержавеющей бассейнах.

Рассол в результате многократной посолки партий сыров постепенно насыщается различными веществами, выделяющимися из сыра (растворимые белковые вещества, минеральные соли, молочный сахар, молочная кислота, липиды, частица казеина и др.). Эти вещества служат питательной средой для развития различных гнилостных бактерий, дрожжей, плесеней, патогенных микроорганизмов и т. д.

Параллельно с химическим загрязнением даже при строгом соблюдении санитарных норм и правил неизбежно происходит обсеменение рассола микрофлорой. Микроорганизмы попадают в рассол из воздуха производственных помещений и воды [2].

Вредная микрофлора, развиваясь в рассоле, вызывает постепенную его порчу. Попадание такого «затхлого» рассола в сырную массу, а также его адсорбция сыром приводит к тому, что продукт получается недоброкачественным с пороком «затхлый вкус и запах». Такие сыры подлежат промышленной переработке. Поэтому необходимо своевременно очищать рассол от нежелательных веществ [2].

На большинстве предприятий молочной промышленности Алтайского края очистка рассолов не производится. Поваренная соль, которая используется для приготовления рассола в итоге «насыщается» различного рода загрязнениями и на дне соляных бассейнов образуется илистый осадок, который в последующем подлежит утилизации.

Для того, чтобы сократить расходы поваренной соли, необходимой для приготовления рассола, автоматизировать процесс приготовления рассола и осуществлять контроль за его качеством, целесообразно проводить регенерацию отработанных рассолов. Известны как физические методы очистки рассолов: фильтрация, тепловой метод (с помощью ультрафиолетового облучения), так и химическая обработка рассолов (перекисью водорода, гипохлоритом натрия, сорбиновой кислотой). Используют эти методы недостаточно широко вследствие их малой эффективности, высокой стоимости или в связи с ограничениями, установленными действующими санитарными нормами.

В последнее время, по данным российских ученых наибольшую актуальность приобретает метод очистки рассолов от посторонней микрофлоры и прочих загрязнений с использованием процесса ультрафильтрации. Многие фирмы, которые поставляют мембранное оборудование для очистки рассолов, постоянно подчеркивают важность того, что их установки не затрагивают так называемый естественный баланс рассола.

В системах водоподготовки используются мембраны различной селективности. Как видно из рисунка 1 ультрафильтрация позволяет отделять водные растворы от растворов высокомолекулярных соединений, для которых мембрана непроницаема, от электролитов и других низкомолекулярных продуктов, белки из молочной сыворотки, яичный белок.

Мембранная технология является практически безреагентной, и помимо высокой экологической целесообразности мембранные методы наиболее экономичны в сравнении с конкурирующими методами разделения веществ.

На кафедре ХТиИЭ путем совместной работы студентов и аспирантов была создана ультрафильтрационная установка для очистки сырных рассолов (рисунок 2). В лабораторной установке используется съёмный трубчатый мембранный модуль.



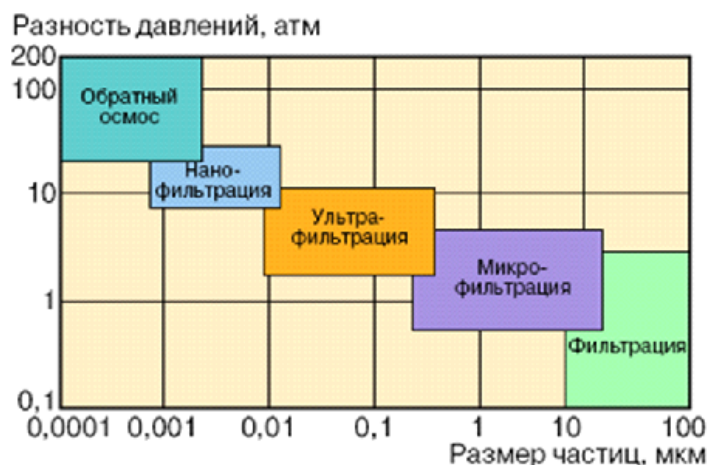
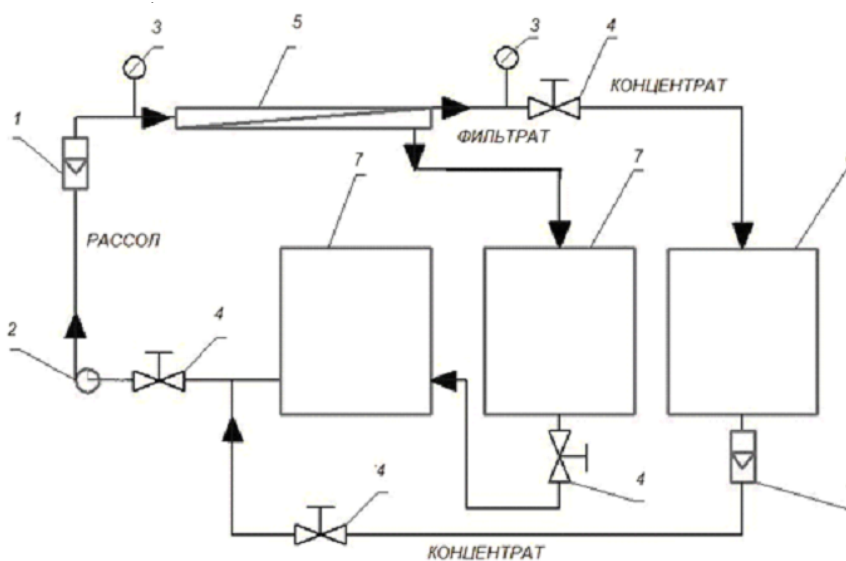


Рисунок 1 – Классификация мембранных процессов



1 – ротаметр; 2 – насос; 3 – манометр; 4 – вентиль; 5 – трубчатый мембранный элемент; 6 – ёмкость для исходного раствора; 7 – ёмкость для сбора фильтрата; 8 – ёмкость для сбора концентрата.

Рисунок 2 – Схема лабораторной установки для ультрафильтрации

Рассол насосом 2 подается на трубчатый мембранный элемент 5, где задерживаются все мелкодисперсные, органические, коллоидные примеси, с образованием концентрата, который направляется в ёмкость 8. Очищенный рассол (фильтрат) поступает в бак 7. Рабочее давление в системе регулируется вентилем 4.

Эксперимент проводится на 4 мембранах, изготовленных из различных полимерных материалов: поливинилхлорид (ПВХ), полисульфон (ПС), полиэфирсульфон (ПЭСФ), фторопласт (ФТ). Мембранный модуль имеет длину 500 мм и диаметр 13,3 мм. Изучение производительности мембраны проводилось в течение 6 часов без рециркуляции потока. Производительность по исходному рассолу в среднем составила 20 л/мин. при постоянном давлении 3,6 атм. Производительность по фильтрату изменялась незначительно.

Для того чтобы снизить интенсивность загрязнения, увеличиваем линейную скорость движения воды вдоль поверхности мембраны за счет рециркуляции концентрата. В таком случае на мембрану мы подаем 90% концентрата и 10% исходного рассола. В таблице 1 указана производительность исследуемых мембран с учетом коэффициента приведения к температуре 25°C.

Полученные результаты анализов фильтрата по загрязняющим веществам (белки и жиры) указаны в таблице 2. При исследовании каждой мембраны пробы отбирались 3 раза: в начале, середине и конце эксперимента, в таблице приведены средние значения.

Таблица 1 – Параметры исследуемых мембран

Тип мембраны	Производительность Qф, л/м <sup>2</sup> ·ч	Давление P, ат.
Трубчатая (ПС)	74,28	3,22
Трубчатая (ФТ)	62,25	3,23
Трубчатая (ПЭСФ)	62,36	3,60
Трубчатая (ПВХ)	74,83	3,23
Половолоконная	60,91	1,00

Таблица 2 – Результаты анализов фильтрата по загрязняющим веществам

	Солесодержание, мг/л	Содержание белков, %	Содержание жиров, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Рассол до очистки	0,14	2,37	0,66	1131
Тип мембраны:				
Трубчатая (ПС)	0,14	2,19	1,53	1131
Трубчатая (ФТ)	0,14	2,48	0,62	1134
Трубчатая (ПЭС)	0,14	2,29	-	1141
Трубчатая (ПВХ)	0,12	2,21	-	1131
Половолоконная	0,14	2,14	0,87	1132
С добавлением флокулянта	0,14	1,92	0,97	1131
С добавлением флокулянта, после фильтрования через бумажный фильтр	0,14	1,82	1,51	1131

#### Список использованных источников

1. Сыр. Производство мягких сыров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.milkbranch.ru/publ/view/362.html>
2. Пат. 2051109 Российская Федерация, С02F1/24, С02F1/40. Способ очистки рассолов / Сахаров С.Д. ; заявитель и патентообладатель Алтайский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института маслodelьной и сыродельной промышленности. - № 5066217/26 ; заявл. 24.02.1992; опубл. 27.12.1995.
3. Полетаева М.А., Осадчая О.С., Рузаева Н.А. Пути решения проблемы очистки сточных вод молочного предприятия. // Ползуновский вестник. – 2013.- №1 - С.146-150.

#### ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЛЕКТИВНОСТИ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОЙ ПОЛИАМИДНОЙ МЕМБРАНЫ RE4040-BLN

Мамонтова Е.П. – студент, Куртукова Л.В. – аспирант

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Наличие в природной воде солей жесткости представляет серьезную проблему, которая существенно затрудняет использование воды как в питьевых, так и в производственных целях. Эффективным способом решения этой проблемы является умягчение вод с использованием мембранных технологий, которые в настоящее время нашли широкое применение. Одним из наиболее перспективных вариантов устранения жесткости является обратный осмос, заключающийся в прохождении воды через полупроницаемую мембрану из

более концентрированного раствора в менее концентрированный под воздействием давления.

При этом мембраны для обратного осмоса предъявляют достаточно высокие требования к качеству входной воды – отсутствие взвешенных частиц, растворенного железа и окислителей. В настоящее время разрабатываются новые химически, термо- и механически стойкие мембраны, а современные технологии позволяют получать мембраны с заданными характеристиками (размеры пор, селективность, проницаемость).

На механизм селективной проницаемости мембран влияет большое количество факторов: размер и форма пор, химическая природа растворителя, растворенного вещества и материала мембраны, а также их взаимодействие друг с другом. В связи с этим для решения задач прикладного характера необходимо определить основные параметры процесса обратноосмотического разделения – проницаемость и селективность.

Нами изучался процесс извлечения соединений жесткости на рулонном обратноосмотическом мембранном элементе производства Южной Кореи RE4040-BLN, изготовленном из полиамида. В качестве объекта исследования выступали модельные растворы солей жесткости с концентрациями 7, 10 и 40 мг-экв/л как наиболее характерные для подземных вод Алтайского края. Были определены значения селективности в зависимости от рабочего давления. Выявлено, что для растворов с концентрацией 7 и 10 мг-экв/л селективность разделения приближается к 100%, а для раствора 40 мг-экв/л составляет не менее 98,5 %.

На втором этапе изучалось влияние увеличения общего солесодержания на селективность. Для этого в модельный раствор с концентрацией ионов жесткости 40 мг-экв/л добавляли хлорид натрия с концентрациями 1 и 5 г/л. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение селективности разделения при различных начальных концентрациях

Давление, МПа	Эффективность, %		
	40 мг-экв/л	при добавлении NaCl	
		1 г/л	5 г/л
0,30	98,50	97,87	28,75
0,35	98,80	99,12	76,25
0,40	99,00	99,36	96,25
0,45	99,10	99,51	97,75
0,50	99,30	99,76	98,87
0,55	99,40	99,76	99,12
0,60	99,50	99,88	99,49
0,65	99,60	100,00	99,63

Как видно, при добавлении хлорида натрия в концентрации 5 г/л эффективность разделения увеличивается с ростом рабочего давления с 28,75% до 99,63 %, а при концентрации NaCl 1 г/л эффективность разделения изменяется незначительно.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность разделения растворов солей жесткости на мембранном элементе RE4040-BLN в диапазоне концентраций от 7 до 40 мг-экв/л, в том числе и при повышенном солесодержании.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ РЕЗИНЫ В ОАО «АШК»

Соловьева В.И. – студент, Бельдеева Л.Н., к.т.н., доцент

Проблема переработки и использования отходов шинного производства имеет важное экологическое и народнохозяйственное значение. Образующиеся отходы шинной промышленности, вывозимые на свалку, загрязняют окружающую среду. Данные виды отходов обладают высокой пожароопасностью, а продукты их неконтролируемого сжигания оказывают вредное влияние на атмосферу.

По прогнозам Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), объём твёрдых отходов к 2025г. вырастет в 4 - 5 раз. Общемировые запасы изношенных автошин оцениваются в 25 млн. т. при ежегодном приросте не менее 7 млн. т.

Из этого количества в мире только 23 процента покрышек находят применение (сжигание с целью получения энергии, механическое размельчение для покрытия дорог и др.). Остальные 77 процентов использованных автопокрышек никак не утилизируются, ввиду отсутствия рентабельного способа утилизации. В России и СНГ ежегодный объём выбрасываемых автошин оценивается цифрой более 1 млн. т.

При сгорании шин образуются такие химические соединения, которые, попадая в атмосферный воздух, становятся источником повышенной опасности для человека: это бифенил, антрацен, флуорентан, пирен, бенз(а)пирен. Два соединения из перечисленных - бифенил и бенз(а)пирен относятся к сильнейшим канцерогенам.

Выброшенные на свалки шины разлагаются в естественных условиях не менее 100 лет. Контакт шин с дождевыми осадками и грунтовыми водами сопровождается вымыванием ряда токсичных органических соединений. Все эти соединения попадают в почву. Резина, являющаяся высокомолекулярным материалом, относится к терморезистивным полимерам, которые в отличие от термопластичных не могут перерабатываться при высокой температуре, что создает серьезные проблемы при вторичном использовании резиновых отходов. Европейским Союзом принято решение запретить с 2003 года захоронение целых шин, а с 2006г. – шин, разрезанных на куски.

Нельзя не отметить, что изношенная шина представляет собой ценное вторичное сырье, содержащее 45-55% резины (каучук), 25-35% технического углерода, 10-15% высококачественного металла. Экономически эффективная переработка автошин позволит не только решить экологические проблемы, но и обеспечить высокую рентабельность перерабатывающих производств.

Наблюдавшийся в России на протяжении последнего десятилетия быстрый рост парка автомобилей стал закономерной причиной обострения проблемы утилизации использованных шин. Сама по себе проблема утилизации шин, которая неотделима от глобальной проблемы производимого в процессе жизнедеятельности общества мусора, наиболее остро стоит прежде всего перед самыми развитыми и богатыми странами.

В России более 80% отработавших покрышек выбрасывается, а отрасль по их переработке находится лишь в начальной стадии развития. Между тем, в большинстве развитых стран старые шины источник ценного сырья и почти полностью перерабатываются.

В настоящее время на шинных заводах скапливается большое количество неизбежных отходов, таких как отходы резиновых смесей, изношенные варочные камеры, изношенные вулканизационные диафрагмы, отходы обрезиненного текстильного и металлокорда, буферные автопокрышки.

Заводскими специалистами разработаны технологические процессы и созданы участки по переработке выше перечисленных отходов. Также разработана рецептура резиновых смесей, в которых применяются продукты переработки этих отходов. Разработаны технологические процессы по переработке варочных камер, вулканизационных диафрагм и отходов обрезиненного корда, продукты переработки которых, в дальнейшем, используются в рецептуре шинных резин. Нерешенной задачей оказалось создание процесса по переработке резинокордных отходов.

Нами изучены и проанализированы, с точки зрения экологической безопасности, методы переработки резинокордных отходов в Российской Федерации и в мире.

Предложена технологическая схема переработки изношенных шин и обрезиненного корда.

В основу технологии переработки заложено механическое измельчение шин до небольших кусков с последующим механическим отделением металлического и текстильного корда, основанном на принципе "повышения хрупкости" резины при высоких скоростях соударений, и получение тонкодисперсных резиновых порошков размером до

0,2 мм путем экструзионного измельчения полученной резиновой крошки. Производительность линии 5100 т/год. Произведен расчет и подбор оборудования и технико-экономических показателей. Разработанная схема позволяет снизить воздействие на окружающую среду.

## ПОЛУЧЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА ГАЗИФИКАЦИЕЙ ОТХОДОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Попова Е.Е. – студент, Брюханова Е.С. – ассистент,

Ушаков А.Г. – к.т.н., старший преподаватель

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (г. Кемерово)

### *Актуальность*

На сегодняшний день для многих регионов России и других стран актуальной становится проблема истощения традиционных природных ресурсов (уголь, газ, продукты переработки нефти) и деградации окружающей природной среды. Истощение запасов энергетического сырья приводит к росту цен на его приобретение, добычу и транспортировку.

Использование альтернативных нетрадиционных энергоносителей, в частности отходов предприятий и биомассы, позволит сэкономить невозобновляемые виды органического топлива, решить ряд экологических проблем, снизив нагрузку на окружающую среду.

Для этого в качестве исходного сырья перспективно использование избыточного активного ила – неизбежного отхода систем биологической очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Наличие органического вещества в сухом веществе ила дает возможность рассматривать его как потенциальное топливо. Учитывая, что такой метод очистки воды является одним из наиболее эффективных и широко распространен, то объемы образования избыточного активного ила огромны. Поэтому, использование его в качестве альтернативы традиционным энергоносителям представляет значительный интерес.

Распространен способ удаления и обработки таких осадков сточных вод, предусматривающий аккумуляцию в накопителях, обезвоживание, сушку и сжигание. В виду большой влажности ила этап его сушки энергозатратен, требует больших финансовых инвестиций и не всегда реализуем.

Нами разработана технология переработки избыточного активного ила с получением топливных гранул [1, 2], используемых в качестве твердого энергоносителя. Результаты исследований по сжиганию этих гранул в топках котлов показали, что получаемый продукт способен стать альтернативой традиционно используемому углю или частично заменить его.

Необходимо максимально эффективно использовать энергетический потенциал топливных гранул. Для этого вместо прямого сжигания нами выбран метод газификации – в результате высокотемпературного превращения при нормальном или повышенном давлении с ограниченным доступом или кислородом происходят процессы преобразования органической части твердого топлива в генераторный газ. При соответствующей обработке он применим как топливо для последующего сжигания в горелках котлов различного назначения и в камерах сгорания (внешних и внутренних) двигателей.

Газообразное топливо по сравнению с твердым имеет ряд преимуществ: оно полностью сгорает, не образует твердых остатков, процесс горения легко регулируется, не требуется большого избытка воздуха. Его легко транспортировать на большие расстояния и очищать от таких вредных примесей, как соединения серы.

С точки зрения экологии газификация более эффективный и чистый процесс, чем сжигание. Снижение негативного воздействия выбросов на окружающую среду достигается отсутствием в газе твердых частиц, пыли. Это важно для применения получаемого топлива в теплоэнергетике [3].

*Цель работы* – получение газообразного топлива методом газификации топливных гранул на основе избыточного активного ила.

На основании поставленной цели сформулированы следующие *задачи исследования*:

- 1) Создать лабораторную установку газификации топливных гранул.
- 2) Отладить процесс газификации.
- 3) Подобрать наилучшие параметры процесса газификации для получения генераторного газа с необходимыми характеристиками.

*Экспериментальная часть:*

Экспериментальные исследования процесса газификации гранул производили на созданной лабораторной установке, представленной на рисунке 1.



Рис. 1 – Внешний вид лабораторной установки газификации: 1 – трубчатая печь; 2 – реактор газификации; 3 – система охлаждения и газоочистки; 4 – блок управления; 5 – воздуходувка; 6 – приемная колба для конденсата, 7 – штуцер для отбора проб генераторного газа и его сжигания

Реактор газификации представляет собой стальную емкость цилиндрической формы (диаметр внутренний – 30 мм, длина – 800 мм), снабженную штуцерами с двух концов: для газифицирующего агента и отвода парогазовой смеси. К одному штуцеру реактора через блок управления подсоединена воздуходувка с контролируемым расходом воздуха. Второй штуцер соединяет реактор газификации с системой охлаждения и очистки парогазовой смеси и газового штуцера для отвода генераторного газа. Трубчатая печь развивает температуру до 1000 °С, скорость нагрева составила 20-30 °С/мин.

Эксперименты по газификации топливных гранул проводили следующим образом: реактор газификации на 2/3 объема загружали топливными гранулами и помещали в трубчатую печь. Устанавливали скорость подачи воздуха в реактор, нагревали трубчатую печь, выдерживая температуру в течение времени, определенного опытным путем. В процессе газификации гранул выделялась парогазовая смесь и поступала в холодильник, где конденсировались жидкие продукты. Отбор проб газа производили несколько раз за эксперимент при разных температурах в течение заданного промежутка времени. После отбора последней пробы газа установку отключали, реактор газификации охлаждали в воздушной среде.

Полученные пробы генераторного газа анализировали методом газовой хроматографии. Определение проводили на хроматографе Цвет-800 (колонка длиной 3 м, сорбент Полисорб-1, ток моста 165 мА, газ-носитель – гелий). Определение соответствия каждому веществу времени удерживания определяли методами добавки и сравнения. Расчет состава смеси проводили методом внутренней нормализации.

Полученные результаты показали, что выделение генераторного газа, поддерживающего самостоятельное горение начинается при 350 °С (рис. 2) и продолжается до полного разложения органического вещества топливных гранул. Это подтверждается результатами хроматографического анализа состава газа, выделяющегося при температурах от 300 до 700 °С. Скорость выделения газа возрастала с увеличением расхода газифицирующего агента (воздуха).



Рис. 2 – Сжигание генераторного газа, выделяющегося при температуре процесса газификации 350 °С

#### *Заключение*

Предложенная концепция максимального использования энергетического потенциала топливных гранул на основе избыточного активного ила путем газификации является перспективным направлением получения альтернативного газообразного топлива из биомассы и органических отходов предприятий.

Дальнейшее продолжение исследований в данном направлении позволит получить газообразное топливо и применять его взамен традиционным энергоносителям.

#### **Список используемой литературы:**

1. Ушаков А.Г. Утилизация обезвоженного избыточного активного ила с получением топливных гранул / Вестник КузГТУ. – Кемерово: КузГТУ, 2010. – № 5. – С. 142-144.
2. Брюханова Е.С., Ушаков А.Г. Твердое топливо нового поколения / Материалы Инновационного конвента "Кузбасс: Образование, Наука, Инновации". – Кемерово, 2011. – С. 129-131.
3. Основные этапы совершенствования способов сжигания твердых топлив и их наиболее перспективные современные направления / Карпенко Е.И., Мессерле В.Е. Перегудов В.С. // Теплоэнергетика, 2003. – № 12. – С. 42.