

## ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕПЛООБМЕННАЯ ТЕХНИКА

Бесчастный С.С., Фоминых Е.П. – студенты, Шашков Ю.И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В промышленности, на транспорте и в быту широко используются теплообменные аппараты для проведения процессов теплообмена жидких и газообразных сред. Традиционно применяемые кожухотрубные, змеевиковые, спиральновитые, пластинчатые и другие типы теплообменных аппаратов имеют ограничения по их использованию. Кожухотрубные теплообменники, в том числе с компенсатором на корпусе, плавающей головкой и U-образными трубками – громоздки, металлоемки, имеют большое гидравлическое сопротивление и ограниченные возможности для их использования при больших перепадах давлений и температур теплообменных сред. Пластинчатые теплообменники компактны, имеют высокий коэффициент теплопередачи, низкую металлоемкость, однако также имеют большое гидравлическое сопротивление и ограниченные возможности для их применения при повышенных температурах, давлениях, при больших перепадах давлений и температур. Для теплообмена больших количеств теплоносителей необходимо параллельно устанавливать несколько таких аппаратов, как кожухотрубных, так и пластинчатых.

В теплообменном аппарате новой конструкции снимаются ограничения, присущие традиционно применяемым теплообменным аппаратам. Теплообменный аппарат представляет собой цилиндрический силовой корпус, в котором размещены теплообменные блоки с теплообменными поверхностями. Теплообменные поверхности в теплообменном аппарате новой конструкции формируются из теплообменных элементов, представляющих собой попарно сваренные по контуру спиралеобразные стенки, образующие внутренний спиралеобразный щелевой канал (внутренняя полость). Теплообменные элементы устанавливаются таким образом, что между ними образуются наружный спиралеобразный щелевой канал (наружная полость). Внутренние спиралеобразные полости теплообменных элементов сообщаются с коллекторами входа и выхода одного теплоносителя, наружные спиралеобразные полости сообщаются с коллекторами входа и выхода другого теплоносителя. Коллекторы входа и выхода соединены с соответствующими патрубками подвода и отвода теплоносителей.

В зависимости от условий эксплуатации теплообменного аппарата, перепада давления теплообменных сред, наличия взвешенных частиц в одном из потоков и др., спиралеобразные стенки, формирующие теплообменные элементы, могут быть выполнены плоскими или гофрированными. Гофры могут иметь форму елки или другую форму. Смежные гофрированные стенки, развернуты друг относительно друга на 180°. Такая конструкция гофрированных стенок способна выдерживать большие перепады давления между внутренними и внешними полостями теплообменных элементов и большой перепад давлений теплообменных сред. Спиралеобразная форма теплообменных элементов и их гофрированная поверхность обеспечивает максимальную удельную поверхность в единице объема цилиндрического аппарата и надежную компенсацию элементов при температурных удлинениях.

Высокий коэффициент теплопередачи обеспечивается интенсивной турбулизацией потоков среды. Нарушение стабилизации пограничного слоя среды в спиралеобразном канале за счет изменения направления потока и перемешивания его в каналах извилистой формы вызывает высокую интенсивность теплоотдачи, что является важным преимуществом теплообменных аппаратов такого типа. Перемещение потока среды в щелевых спиралеобразных каналах также увеличивает коэффициент теплопередачи. Теплоносители в спиралеобразных каналах в зависимости от условий эксплуатации могут быть направлены радиально противотоком или прямотоком, а также аксиально вдоль продольной оси аппарата.

Пластинчатые теплообменники дают возможность существенно оптимизировать сложные теплообменные процессы, упростить технологию монтажа и сервисного обслуживания, но также обладают рядом недостатков, среди которых: критичное восприятие

перепадов давлений и температур, ограничение химической стойкости уплотнений или стойкости припоя. Отсутствие этих недостатков нашло место в совершенно новом типе пластинчатого теплообменника. За основу принята конструкция цилиндрической формы. В нее поместили теплообменную кассету, состоящую из пластин круглой формы, соединенных лазерной сваркой. Специальным эластичным, поддерживающим корсетом создали равномерные зазоры между корпусом и теплообменной кассетой. Это позволило снять напряжения в конструкции, появляющиеся вследствие линейных расширений теплообменной кассеты. После длительных испытаний и доработок конструкции были получены новые типы сварных пластинчатых теплообменников. Данные теплообменные аппараты обладают лучшими на сегодняшний день техническими параметрами среди пластинчатых теплообменников. Полностью сварная конструкция и отсутствие уплотнений допускает применение этих устройств в температурном диапазоне от -200 С до +600 С и максимальным рабочим давлением до 100 бар. Большим преимуществом является возможность использования более широкого спектра агрессивных сред в теплообменных процессах и один из лучших показателей компактности среди пластинчатых теплообменных аппаратов.

При проектировании и эксплуатации теплообменных аппаратов в среде морской, пресной и сточной воды одна из главных проблем – образование накипи и коррозии на внутренней поверхности труб, что приводит к резкому снижению коэффициента теплопередачи и эффективности поверхности теплообмена, а также к уменьшению живого сечения и расхода циркуляционной воды. Наиболее эффективный и универсальный метод борьбы с накипеобразованием и коррозией труб теплообменных аппаратов – использование стеклянного покрытия. Теплообменные аппараты, внутренняя поверхность труб у которых остеклованна, есть еще один вид перспективной теплообменной техники. Промышленные испытания показали, что при длительной эксплуатации остеклованных труб обеспечивается лучший режим теплопередачи. Отсутствие отложений в остеклованных трубах объясняется высокой чистотой и стойкостью к агрессивным растворам, морской (пресной) воде. Это исключает образование очагов накипи и коррозии, а если они и возникают, то сцепление отложений со стеклом настолько мало, что смываются потоком жидкости.

В настоящее время широкое распространение в малой энергетике и ЖКХ получили водогрейные газотрубные котлы малой и средней мощности, имеющие довольно простую конструкцию и не требующие больших материальных затрат на монтаж и эксплуатацию. Основные их недостатки: высокая температура (около 350 С) уходящих газов на выходе из котла при использовании гладких труб, низкий коэффициент теплоотдачи и, как следствие, низкий КПД котла. Около 80% внутренней поверхности нагрева котла составляют дымогарные трубы, поэтому наиболее действенным способом повышения эффективности его работы является интенсификация теплообмена в трубах. С этой целью применяют трубы с кольцевой накаткой или со вставками в виде скрученной ленты (шнек, проволочные вставки), а также комбинированные – с кольцевой накаткой и скрученными лентами. Интенсивный рост стоимости топлива на мировом рынке стимулирует все более широкое внедрение энергосберегающих технологий. Существенную экономию топлива можно получить за счет уменьшения потерь теплоты с уходящими газами в котельных установках. Установка профилированных поверхностей теплообмена в виде кольцевой накатки и скрученных лент позволяет снизить температуру уходящих газов до 150–170 С, повысить КПД котла до 92-93% при небольшом увеличении металлоемкости.

## ОТБЕЛИВАНИЕ ОТРУБНОЙ МУКИ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ В МУКОМОЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Гурьева С.С. – студент, Охтименко И.Н - доцент., Сартакова О.Ю. - доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Настоящая научно–исследовательская работа заключается в проведении отбеливания отрубной пшеничной муки с использованием хлорсодержащих, перекисных и других химических реагентов - отбеливателей. Повышение белизны муки позволит расширить ассортимент и улучшит потребительский спрос хлебобулочных изделий, вместе с тем, существенно сократит потери малореализуемой отрубной фракции размола пшеничного зерна.

Основной красящий пигмент отрубей – каротиноиды, в молекуле которых имеется большая сопряженная система двойных связей, придающая этим соединениям коричнево-оранжевую окраску (хромофорная группа).  $\beta$ -Каротин – предшественник витаминов группы А. Эти соединения поглощают излучение в видимой области спектра и поэтому окрашены .

Органические соединения с сопряженными двойными связями устойчивы, но довольно активны и могут вступать в реакции присоединения по двойным связям. Для обесцвечивания каротиноидов, содержащихся в отрубях, необходимо разрушить хромофорную группу, состоящую из 9-13 сопряженных двойных связей. Красящие пигменты (каротиноиды) сосредоточены в наружных слоях зерна. Поэтому мы исследовали действие отбеливателей, как на образцы муки, так и отрубей.

По принципу действия отбеливатели делятся на химические и оптические. Химические отбеливатели воздействуют на красящий пигмент, изменяя структуру соединения. Оптические отбеливатели – это белые краски, которые «маскируют» пигмент (диоксид титана, мел и другие). В состав химических отбеливателей входят различные кислород-, хлор- и серосодержащие вещества. Механизм их действия на пигменты различен, поэтому, если отбеливание с одним реагентом не дало желаемого результата, можно его повторить, взяв препарат с другим отбеливающим веществом.

Для отбеливания газообразным хлором навески муки и отрубей помещали в бюксы с крышками. Бюксы заполняли газообразным хлором, плотно закрывали крышкой и интенсивно встряхивали в течение 20 минут. Для увеличения влажности муки и отрубей к навеске добавляли точно отмеренное количество дистиллированной воды или 0,1 N раствора HCl. Затем навеску тщательно перемешивали до полного устранения комков. Нагревание образцов проводили в закрытых бюксах в сушильном шкафу до температуры 40 °С в течение 30-60 минут. При использовании перекиси бензоила сухие навески (15-20 г) муки, отрубей перемешивали с порошкообразным отбеливателем и выдерживали 12-24 ч при комнатной температуре или при нагревании. Отбеливание гипохлоритом кальция  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , перекисью водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ , уксусной кислотой  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , лимонной кислотой  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  исследовали действием водных растворов на образцы муки и отрубей. В ходе эксперимента оптимизировали дозу химического реагента при варьировании времени воздействия на образцы. Изменение окраски образцов определяли органолептически, сравнивая степень белизны с эталоном - пшеничной мукой высшего сорта.

Анализ полученных результатов показал, что действие вышеуказанных окислителей не привело к желаемому результату. Возможно, что для этого требуются более жесткие условия (высокие температуры, большие концентрации реагентов, использование катализаторов), что вероятно приведет к разрушению не только пигментов, но и всех других полезных компонентов муки. В этой связи, считаем целесообразным дальнейшие исследования направить на изучение оптических отбеливателей.

**ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ**  
Железникова Е.С. – студент, Бельдеева Л.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

На сегодняшний день проблема переработки твердых бытовых отходов является одной из наиболее важных в жизни общества. Во всех странах мира неуклонно возрастает количество твердых бытовых отходов и в настоящий момент составляет на душу населения 200-800 кг/год. В России ежегодно образуется около 130 млн. куб. м твердых бытовых отходов. При массе одного метра кубического ТБО 200-220 кг это составляет 26-28 млн. т в год. Из этого количества промышленной переработке подвергается не более 3%, остальное вывозится на полигоны и свалки для захоронения ТБО. Кроме увеличения массы, уменьшается плотность ТБО за счет возрастающего количества бумаги и пластмассы, поступающих в отходы в виде использованной упаковки.

Эта проблема является актуальной и для г. Барнаула. Ежегодное количество отходов, вывозимых на полигон ТБО г. Барнаула, емкость которого практически исчерпана, составляет около 1 млн.куб. м в год. Во всех районах города можно встретить несанкционированные свалки мусора, которые также загрязняют окружающую среду.

Большая часть ТБО может быть повторно использована, но при условии, что они будут разделены, и не будут взаимодействовать друг с другом. Из-за смеси органических отходов с неорганическими теряется ценность вторичного сырья, увеличивается стоимость технологий на его очистку.

В настоящее время существуют два метода разделения ТБО:

- раздельный сбор ТБО населением
- сортировка отходов на мусоросортировочных комплексах.

Автоматизированные мусоросортировочные комплексы обеспечивают сортировку твердых отходов производства и потребления с выделением ценных фракций, пригодных для вторичной переработки с последующим прессованием до плотности естественных грунтов (1,1-1,2 т/м<sup>3</sup>) и пакетированием в блоки стандартных размеров. Это упрощает складирование, значительно сокращает транспортные расходы и обеспечивает возврат в товарный оборот ценных вторичных ресурсов (бумага, картон, черные и цветные металлы, пластмассы, стекло и пр.) общим объемом от 30% до 40% в зависимости от состава твердых отходов. Основным недостатком использования мусоросортировочных комплексов для разделения потока ТБО является малое количество извлекаемого вторсырья, т.к. ценные компоненты загрязняются при сборе и транспортировке и поэтому не могут использоваться в качестве вторичного сырья.

Опыт развитых стран показывает, что разделение отходов самим населением и другими производителями отходов более приемлемо, чем разделение на специализированных предприятиях по следующим причинам:

- в этом случае, как правило, меньше издержки, налагаемые на городской бюджет в городские власти;
- в решении проблемы муниципальных отходов принимают непосредственное участие те, кто производит отходы - это считается морально правильным и создает стимул для уменьшения количества отходов.

Основными проблемами раздельного сбора ТБО населением являются низкая степень экологической культуры населения и большие затраты на организацию и перевозку.

Как показывает российский и зарубежный опыт, селективный сбор отходов может быть организован разными путями. Например, в Германии жильцы как частных, так многоквартирных домов отдельно собирают стекло, пластик, бумагу, пищевые отходы и домашний мусор. Пустые пластиковые бутылки принимают все продовольственные магазины, выплачивая за каждую бутылку от 10 до 25 евро центов. Для использованных батареек во многих магазинах размещаются небольшие картонные коробки с надписью «Вы не забыли выбросить использованные батарейки?».

Пластмассовые контейнеры (с плотно закрывающейся крышкой и двумя колесиками) для сбора макулатуры размещаются вблизи жилых домов. Так как доля стекла в общей массе мусора составляет около 5%, специальные металлические контейнеры для сбора стекла размещаются в городах значительно реже (один контейнер для несколько домов), чем контейнеры для сбора макулатуры.

В 2006 г. экономический эффект для Германии от использования вторичных ресурсов (металлолома, алюминия, цинка, макулатуры) оценивался в 3.6 млрд. евро. Внедрение новых методов управления отходами привело к созданию дополнительно 250 000 рабочих мест, а экспорт технологий и оборудования для переработки и утилизации отходов оценивался в 4 млрд. евро.

В последние годы появился положительный опыт по организации раздельного сбора отходов и в России. В 2005 году в Санкт-Петербурге был начат эксперимент по раздельному сбору мусора, иначе, твердых бытовых отходов. В Адмиралтейском, Центральном, Московском и Калининском районах города были оборудованы 29 контейнерных площадок с возможностью отдельного сбора бумаги и картона, стекла, пластика, а также крупногабаритного мусора. Развитие селективного сбора – одно из основных направлений Концепции обращения с твердыми бытовыми отходами на 2006–2014 годы, которое в Санкт-Петербурге намечено развивать в первую очередь /1/.

Захораниваемые отходы представляют собой серьезный источник загрязнения окружающей среды, т.к. подавляющее большинство полигонов по своему обустройству не обеспечивают экологическую безопасность, не говоря уже о множестве локальных неконтролируемых (несанкционированных) свалках, число которых не уменьшается.

Неразделенный поток ТБО содержит большое количество опасных компонентов, таких как отработанные элементы питания (батареи и аккумуляторы), остатки минеральных масел, краски и лаки, ртутные лампы и термометры, остатки лекарственных и косметических средств, средства защиты растений, остатки чистящих и моющих средств.

Попадая на полигон, опасные компоненты бытовых отходов становятся потенциальным источником загрязнения, представляющим реальную угрозу природе и человеку. Через отходы, размещенные на полигоне, просачивается 1/3— 1/4 годового количества осадков /2/. Вода вымывает содержащиеся в отходах токсичные вещества, таким образом, в различных направлениях постоянно идет миграция разнообразных химических соединений. Фильтрат содержит широкий спектр компонентов-загрязнителей, таких, как Fe, SO<sub>4</sub>, Cl, NH<sub>4</sub>, фенолы, роданиды, PO<sub>4</sub>, СПАВ, F, Hg, Ni, Ba, Se, Mn, Al, Pb, Cd. В результате анализов фильтратов установлено наличие в них 58 органических веществ, 33 металла и 13 одноосновных кислот алифатического и ароматического характера /3/. Уровень загрязнений в фильтрате, мигрирующем из тела свалки, в большинстве случаев в 10-20 раз превышает показатели, характерные для бытовых сточных вод. Так, содержание взвешенных веществ может колебаться от 800 до 1600 мг/л, меди – от 0,1 до 9 мг/л, никеля – до 0,8 мг/л, свинца – 0,37 мг/л.

Как показывают исследования, основной целью организации раздельного сбора отходов является не получение дохода из мусора, а снижение общей нагрузки на окружающую среду.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бабанин И. Оценка экономической эффективности раздельного сбора твердых коммунальных отходов в Санкт-Петербурге. Greenpeace России, 2006 г.
2. Яковлев В.А., Семин Е.Г., Бекренев А.В. Дренажные воды полигонов по захоронению отходов, экологическая опасность и пути обезвреживания. Безопасность и экология, Ч.2, СПб, СПбГТУ, 1999.
3. Русаков Н.В., Рахманин Ю.А. Отходы, окружающая среда, человек.- М.: Изд-во Медицина, 2004.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ РАЗРАБОКИ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Колумутица О.А. - студент, Солопова О. С.– студент, Ходосевич Е.В. – студент,  
Сартакова О.Ю. - доцент, Охтименко И.Н.- доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Настоящие исследования посвящены ферментативному гидролизу крахмалсодержащего сырья для получения осаждаемого продукта – гидролизата.

Хлеб, приготовленный из теста на основе гидролизата, характеризуется выраженным вкусом и ароматом, более интенсивной окраской корки и лучшей пористостью. Учитывая состав присутствующих в мякише моно- и дисахаридов такие хлебобулочные изделия могут рекомендоваться для диетического питания. Кроме того, гидролизат может быть использован как сырье в производстве биоэтанола и уксусной кислоты, что привлекательно как с точки зрения переработки отходов мукомольного производства, так и для получения востребованных в народном хозяйстве растворителей.

Крахмал является первым растительным материалом, использованным для получения сахара. В настоящее время все крахмалистые сельскохозяйственные культуры могут быть переработаны с получением сахаров и являются ценным ежегодно возобновляемым сырьевым ресурсом. Известны два основных способа гидролиза крахмала с получением сахаров: кислотного и ферментативного. В последнее время ферментативный гидролиз заслуживает большего внимания, как со стороны экспериментальных исследований, так и с точки зрения практической реализации, поскольку является более перспективным. Установлены закономерности данного процесса в исследованиях отечественной и мировой науки, подтверждающие его достоинства и очевидные преимущества. Вместе с тем, любой фермент, обладая определенной специфичностью и активностью по отношению к конкретному субстрату, требует разработки индивидуальной технологии его применения. Поэтому задача оптимизации технологических параметров процесса решается, в каждом конкретном случае, базируясь на выявленных в научном эксперименте закономерностях.

Для проведения эксперимента была создана пилотная, по существу опытно-промышленная, установка небольшой производительности. Основой ее являлась планетарная мешалка западной фирмы MOLTEN MILANO с герметичным рабочим объемом на 6 л и регулируемым числом оборотов от 15 до 75 об./ мин. Температура  $58 \pm 2$  °С поддерживалась системой автоматического позиционного регулирования (САР). При этом были опробованы две различные САР. Одна из них включала электронный блок реле – ТРР-2 с датчиком - контактным термометром, другая – с использованием микропроцессорного программного измерителя регулятора типа ТРМ-РІС с датчиком – термопреобразователем сопротивления. Применение двух схем термостатирования было вызвано необходимостью оценки точности поддержания заданного параметра. Схема с контактным термометром оказалась несколько лучше из-за большей чувствительности датчика и меньшей тепловой инерции системы нагреватель – ферментатор. Однако в промышленных условиях вторая схема термостатирования будет предпочтительнее из-за большей надежности датчика. Электродвигатель мешалки запитывался от трехфазной сети 380 В переменного тока, нагреватель – от сети 220 В. В рабочем режиме число оборотов мешалки составило 20 об./мин. В качестве нагревателя использовали электрическую печь сопротивления мощностью от 100 до 700 Вт.

Исходные компоненты в требуемом соотношении загружались в рабочую емкость (ферментатор) мешалки, после чего система ферментатор – мешалка приводилась в рабочее положение – герметизировалась, включался регулируемый обогрев и включался электродвигатель мешалки. Применение планетарной мешалки дает большое преимущество, т.к. позволяет даже при небольшом числе оборотов эффективно производить перемешивание вязкой, склонной к комкообразованию среды. Герметичность реакционного объема

обеспечивает сохранение материального и теплового балансов системы и позволяет осуществлять гидролиза в изогидрическом и изотермическом режимах.

Вода нагревалась до 60 °С, затем в нее добавлялась кислота и постепенно при интенсивном перемешивании засыпался крахмалсодержащий продукт (ржаная обдирная мука или пшеничные отруби). С этого момента начинался процесс гидродинамического разжижения, который протекал при температуре 60 °С и постоянном перемешивании. Через 30 минут в разжиженный субстрат дозировалось необходимое количество фермента предварительно растворенного в 100 г воды. Температуру понижали до 56 °С. С момента введения фермента, начинался процесс осахаривания крахмала муки. В процессе осахаривания перемешивание может быть периодическим, Мешалка включалась на 3 -5 минут через каждые 30 минут. Продолжительность процесса осахаривания в зависимости от степени конверсии крахмала и дозы фермента составляла от 10 до 20ч. Контроль рН реакционной среды осуществлялся в начале стадий разжижения и осахаривания и периодически в течение всего эксперимента. По окончании процесса осахаривания температуру повышали до 80 °С и нагревали осахаренный гидролизат 10 минут, при этом протекал процесс термической инактивации фермента. Контроль за рН - среды вели на иономере универсальном ЭВ-71 измерительной системой электродов: рабочий электрод – стеклянный, электрод сравнения – хлорсеребряный.

Определение общего количества моносахаридов в гидролизате основано на редуцирующей (восстанавливающей) способности. Состав редуцирующих веществ в гидролизате может быть очень разнообразен: глюкоза, фруктоза, манноза и другие продукты гидролиза. Эти вещества имеют различную редуцирующую способность. Учесть эти различия при расчете результатов анализа практически невозможно. Поэтому концентрацию редуцирующих веществ в гидролизатах определяют в пересчете на глюкозу. Для определения общего выхода сахаров использовали стандартную методику (ГОСТ 5672 “Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения содержания сахаров”), основанную на реакции окисления сахаров медно-щелочным раствором по методу Лемана-Шоорля.

Отбор проб для анализа проводили в стеклянные бюксы и затем инактивировали в течение 10 минут нагревая на водяной бане. Инактивированные пробы анализировали после охлаждения до температуры 20 °С.

При проведении эксперимента соотношение компонентов вода – мука в исходной загрузке равно 1/3 не изменялось. Варьируемыми параметрами являлись: вид и доза фермента, температура в гидролизате и кислотность среды - рН. Контрольным временем продолжительности гидролиза для сопоставления результатов экспериментов приняли 15 часов.

В процессе эксперимента были установлены кинетические закономерности ферментативного гидролиза крахмала. Получены зависимости количества глюкозы в гидролизате и степень конверсии крахмала от продолжительности гидролиза. Изучено влияние температуры, рН, качества используемой воды, выявлены оптимальные дозы ферментов.

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ЭМАЛЕЙ

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

Промышленность основного органического синтеза вносит большой вклад в образование жидких и твердых отходов, которые зачастую являются экотоксикантами и ведут к потерям значительного количества ценных компонентов, а также загрязняют природные воды и атмосферный воздух. Разработка малоотходных ресурсосберегающих технологий, а также оптимизация схем разделения в химической промышленности позволит снизить затраты энергии, сократить нормы расхода сырья и уменьшить нагрузку на

окружающую среду, а также выделить дополнительные количества целевого и побочных продуктов.

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

Целью нашей работы является разработка малоотходной, экологически безопасной технологии разделения смеси органических растворителей, образующейся после локальной очистки сточных вод в производстве кремнийорганических эмалей. Объектом исследования является бутанолно-толуольная смесь (БСТ), в состав которой входят пять компонентов (масс. %): этанол – 72,4; бутанол – 9,7; толуол – 6,8; хлорбензол – 4,5; вода – 6,6.

Основным способом разделения многокомпонентных органических смесей является процесс ректификации. На этапе экспериментальных исследований нами предложена принципиальная технологическая схема разделения БСТ, которая предполагает использование комплекса ректификационных колонн и фазоразделителя.

Для расчета процесса ректификации необходимо иметь набор параметров бинарного взаимодействия между составляющими реакционной смеси. Для этого нами было экспериментально изучено равновесие жидкость-пар. Оно позволяет, прежде всего, выявить характер и степень отклонений системы от законов поведения идеальных растворов, оценить взаимовлияние компонентов. Однако в данном случае выделение индивидуальных компонентов из БСТ затруднено из-за наличия в ее составе бинарных и тройных азеотропов.

Анализ литературных и экспериментальных данных показал, что в исходной пятикомпонентной смеси образуются 7 бинарных азеотропных систем, которые затем подвергались математическому описанию с помощью уравнения Вильсона в программной реализации НИИНЕФТЕХИМа г. Уфа. Результат математической обработки – параметры бинарного взаимодействия ( $\lambda_{12}$ ,  $\lambda_{21}$ ) для всех двухкомпонентных систем исследуемой смеси представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры уравнения Вильсона для бинарных составляющих БСТ

Наименование системы	Параметры Вильсона	
	$\lambda_{12}$	$\lambda_{21}$
Этанол - Толуол	0,3447	0,2810
Толуол - Хлорбензол	0,4536	1,5070
Этанол - Бутанол	0,6449	1,5500
Бутанол - Хлорбензол	0,4149	0,7121
Этанол - Хлорбензол	0,4012	0,3086
Толуол - Бутанол	0,7445	0,3730
Этанол - Вода	$0,7800 \cdot 10^{-7}$	0,5628
Бутанол - Вода	0,3201	0,0446
Толуол - Вода	$0,1200 \cdot 10^{-5}$	0,0414
Хлорбензол - Вода	$0,2278 \cdot 10^{-4}$	$0,3600 \cdot 10^{-5}$



В результате математического описания данных по ПЖР в бинарных подсистемах получена математическая модель равновесия в виде набора параметров бинарного взаимодействия, которая адекватно воспроизводит особенности фазового пространства исходной пятикомпонентной смеси и позволяет моделировать процесс ректификации изучаемой смеси. Полученные экспериментальные данные по ПЖР далее используются для вычислительного эксперимента при оптимизации технологической схемы разделения БСТ.

Оптимизируемыми параметрами колонн периодического действия являлись:

- общая эффективность колонны (число теоретических тарелок) –  $N$ ;
- уровень подачи исходной смеси –  $N_F$ ;
- флегмовое число –  $R$ ;
- время отбора в дистиллят -  $\tau$ .

Для колонн периодической ректификации, исходя из потока питания, устанавливали объем куба ( $V_k$ ). С учетом рассчитанных скоростей пара и заданного диаметра колонны ( $d_k$ ), определяли объем парового потока. Указанные параметры оставались стабильными для заданного потока питания.

В качестве критерия оптимизации параметров режима каждой ректификационной колонны, служил минимум энергетических затрат при заданном качестве продуктов разделения.

Процесс оптимизации работы ректификационной колонны периодического действия осуществлялся по следующей схеме.

На первом этапе определялись граничные параметры, соответствующие условиям:

- 1)  $N_{max}$ ,  $R=[0; \infty]$ ;
- 2)  $R_{max}$ ,  $N=[0; \infty]$ , которым отвечают параметрические границы продуктовых множеств.

Следующим шагом являлся поиск рабочих диапазонов параметров, обеспечивающих получение кондиционных продуктов в области, ограниченной их предельными значениями. В свою очередь, из рабочего интервала выбирались те значения параметров режима, которым соответствуют минимальные энергозатраты.

Для процесса периодической ректификации оптимизация времени отбора в дистиллят ( $\tau$ ) осуществлялась одновременно с поиском оптимальных  $N$  и  $R$ .

Оптимизацию параметров режима проводили при следующих требованиях к качеству выделяемых продуктов:

- 1) отсутствие воды в кубовом остатке;
- 2) максимальное содержание толуола в дистиллате.

Оптимизация работы колонны осуществлялась согласно разработанному алгоритму. На разделение на первую колонну поступала исходная смесь массой 1000 кг или 4100 кг, если перед колонной предполагается установка накопительной емкости.

Расчет проводился при различных диаметрах колонны (200 и 300 мм), числе теоретических тарелок 10 и флегмовых числах (1, 2, 3, 4, 5, 10, 12, 15, 18, 20, 25). По результатам оптимизации принимаем диаметр колонны  $d_k=300$  мм, тогда количество парового потока, рассчитанное исходя из ее диаметра и скорости пара, составит 6,59 кмоль/ч, колонна работает при атмосферном давлении. Результаты представлены на рисунках 1 и 2.

Состав и количество продуктов, полученных при оптимальных параметрах и подлежащих дальнейшему разделению представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количество и состав продуктов разделения первой ректификационной колонны периодического действия

	Количество фракции, кг	Состав фракции, масс. %				
		Э	В	Т	Б	ХБ
Дистиллат	861,355	80,640	7,660	7,891	0,010	3,790
Куб	86,691	2,720	0,000	0,000	90,070	7,210

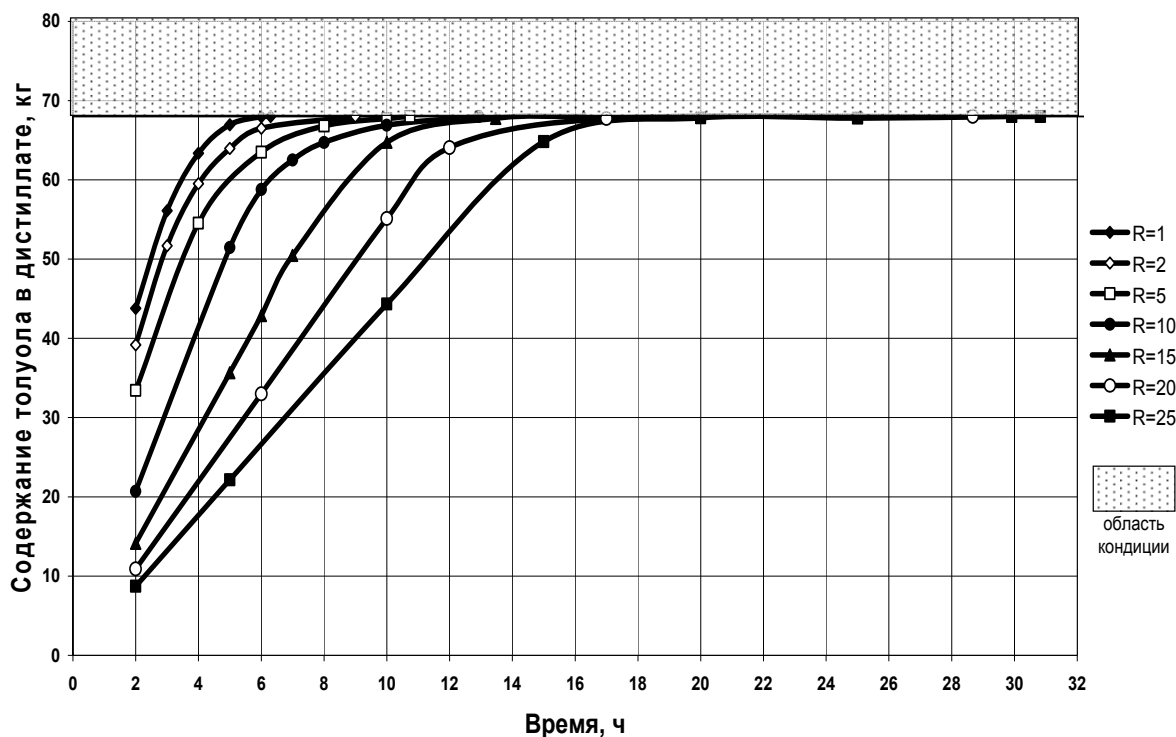


Рисунок 1 – Зависимость содержания толуола в дистиллате от флегмового числа и эффективности колонны (число теоретических тарелок  $N=10$ , количество исходной смеси  $F=1000$  кг)

В результате оптимизации в первой колонне периодического действия приняты следующие параметры, при которых происходит удовлетворительное разделение БСТ: диаметр колонны  $D=300$  мм, число теоретических тарелок  $N=10$ , флегмовое число  $R=2$ , время работы колонны  $\tau=9$  часов.

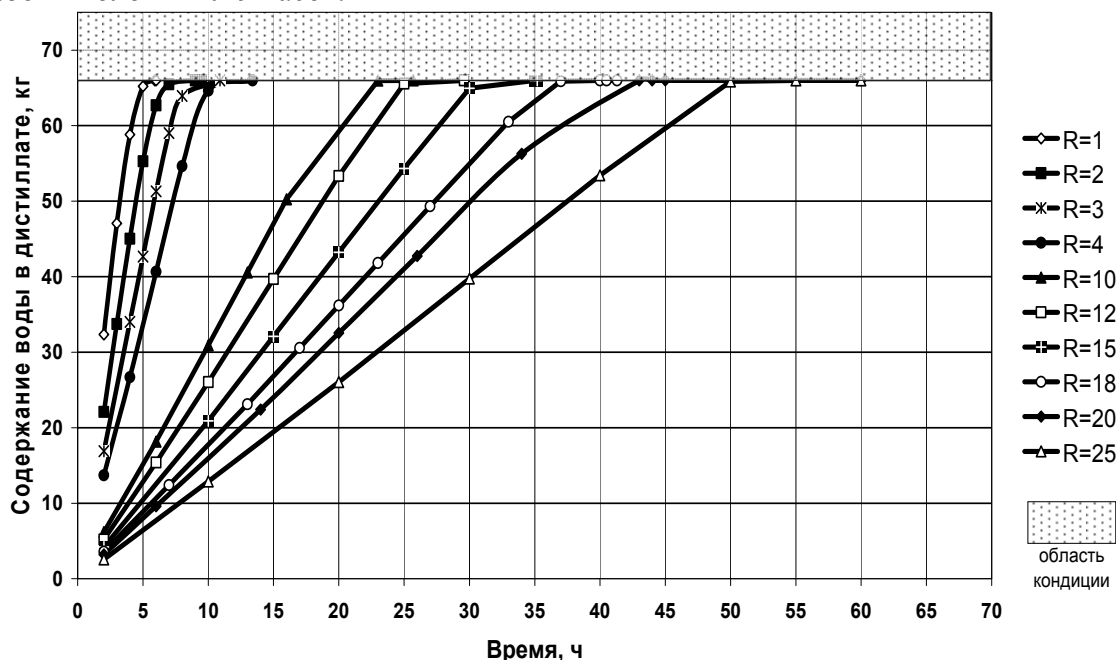


Рисунок 2 – Зависимость содержания воды в дистиллате от флегмового числа и эффективности колонны (число теоретических тарелок  $N=10$ , количество исходной смеси  $F=1000$  кг)

Дальнейшие исследования будут направлены на подбор оптимизационных критериев при числе теоретических тарелок 20 и 30, а также проведен сравнительный анализ полученных параметров для диаметра колонны 300 мм с данными для 400 мм.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТОЛУОЛА НА ОАО «АЛТАЙХИМПРОМ»

Лондаренко И. В. – студент, Лебедев И. А. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Предприятие ОАО «Алтайхимпром» является крупнейшим химическим комплексом Алтайского края и располагается в рекреационной зоне. Его работа связана с образованием большого количества жидких токсичных отходов, часть из которых попадает в сточные воды. Таким образом, сточные воды могут быть загрязнены различными органическими соединениями, в том числе толуолом. Поэтому актуальными остаются задачи повышения степени очистки сточных вод с помощью внедрения эффективных технологий и сокращения сбросов в поверхностные воды путем создания замкнутых водооборотных циклов.

Наряду с множеством загрязнителей сточных вод толуол по степени воздействия на организм человека относится к III классу опасности и при высоких концентрациях пары действуют наркотически [1].

Очистке толуолсодержащих сточных вод перед сбросом воды в водоем должно уделяться особое внимание, т.к. ПДК толуола в питьевой воде и в водоемах культурно-бытового водопользования составляет 0,5 мг/л [2, 3].

Целью нашей работы является разработка эффективной технологии очистки сточных вод с концентрацией толуола 600 мг/л и расходом 10 м<sup>3</sup>/сут, образующихся при производстве кремнийорганических жидкостей.

Для достижения поставленной цели можно обозначить ряд задач:

- 1) разработка методики определения толуола в воде;
- 2) проведение серии экспериментов;
- 3) анализ и математическая обработка полученных результатов;
- 4) разработка технологической схемы очистки стоков;
- 5) расчет технологических параметров процесса очистки и подбор оборудования.

Для исследования процессов очистки от толуола необходима качественная и точная методика его определения в воде. Поэтому при выборе метода анализа следует исходить из следующих данных: возможный интервал концентраций определяемого компонента, требуемая точность, специфичность, допустимое время и приемлемая стоимость анализа.

Наиболее распространенные методики анализа органических соединений, в том числе нефтепродуктов, в воде: «Бромное число»; колориметрическое определение с формальдегидом; фотометрический метод; ИК-спектрометрия; ИК-спектрофотометрия.

Эти методики применимы и к толуолу, т.к. он относится к органическим соединениям и входит в состав нефтепродуктов.

На данный момент нами разработана ИК – спектрофотометрическая методика анализа толуола в воде, предназначенная для определения массовой концентрации в диапазоне от 0,05 мг/л до 1000 мг/л на концентратометре КН-2м.

Метод заключается в выделении эмульгированного и растворенного толуола из воды экстракцией четыреххлористым углеродом, хроматографическом отделении толуола от сопутствующих органических соединений других классов на колонке, заполненной оксидом алюминия, и количественном их определении по интенсивности поглощения С-Н связей в инфракрасной области спектра ( $2930 \pm 70$ ) см<sup>-1</sup>.

В качестве экстрагента использовали четыреххлористый углерод в связи с тем, что он имеет окна прозрачности в интересующей нас области спектра. К тому же он химически инертен по отношению к анализируемому веществу.

Для контроля работоспособности концентратометра КН-2м в области измеряемых значений массовых концентраций толуола нами в ходе работы наводились градуировочные растворы с концентрациями 5, 10, 20, 50, 100 мг/л. Для увеличения точности процесс градуировки проводился 4 раза, после чего полученные значения усреднялись. Данные для

построения калибровочного графика представлены в таблице 1. Калибровочный график представлен на рисунке 1.

Таблица 1 – Данные для построения калибровочного графика

Концентрация толуола, мг/л	Номер опыта				Среднее значение
	1	2	3	4	
	Показания прибора				
0	-	-	-	0,00	0,00
5	3,72	4,68	5,09	-	4,50
10	7,72	8,40	8,11	-	8,08
20	16,67	16,51	16,23	-	16,47
50	41,38	42,93	43,03	44,94	43,07
100	-	-	-	99,38	99,38

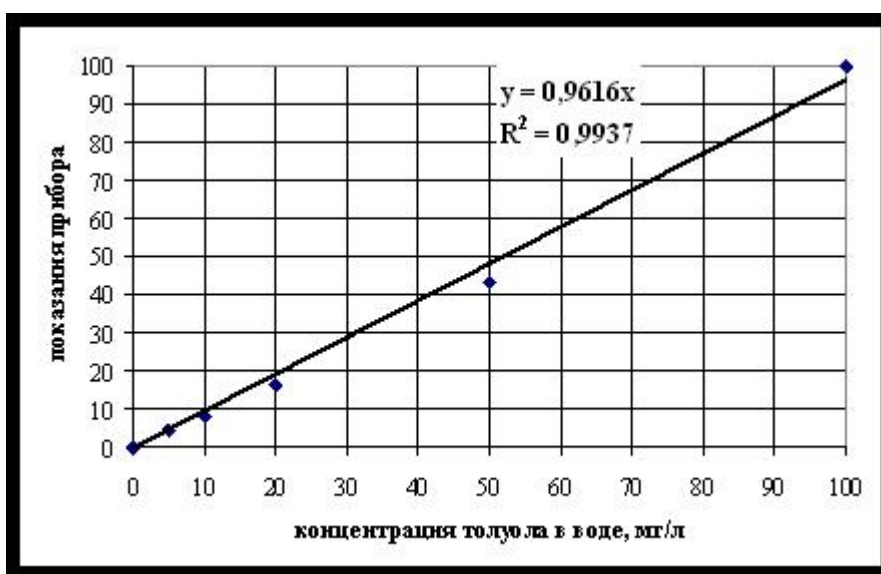


Рисунок 1 – Калибровочный график определения концентрации толуола в воде

Как видно из рисунка 1, зависимость носит прямолинейный характер, при этом коэффициент корреляции составляет 0,9937. Полученная зависимость дает возможность использовать ее для определения концентрации толуола в диапазоне от 0 до 100 мг/л.

На первом этапе очистки толуолсодержащей воды была рассмотрена возможность использования процесса расслаивания. Нами была проведена серия экспериментов. Для этого мы наводили модельные растворы толуола в воде с концентрацией в пределах 700 мг/л. Температура полученных растворов составляла  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ . Они перемешивались в течение 10 мин, после чего подвергались процессу расслаивания в течение разного времени в состоянии покоя. После процесса расслаивания из нижней части расслаивателя объемом 3 л последовательно отбирались пробы объемом 1 л для анализа. Полученные результаты, представленные в таблице 2, позволяют оценить распределение толуола в нижнем, среднем и верхнем слоях объема исследуемого раствора.

Таблица 2 – Данные процесса расслаивания

Время расслаивания, мин	Концентрация толуола в воде, мг/л	Концентрация после расслаивания, мг/л		
		нижний слой (1 л)	средний слой (1 л)	верхний слой (1 л)
0	685,47	658,02	805,38	786,42
5	674,42	780,72	835,56	840,30
10	680,10	838,02	818,76	851,94
15	677,33	857,40	811,92	934,26

30	680,92	767,46	752,58	781,38
60	685,33	693,30	679,80	853,02
90	686,06	697,32	726,60	820,56

По полученным результатам видно, что при протекании процесса до 30 мин расслаивание не наблюдается. При времени 60 и 90 мин был достигнут эффект расслаивания около 20 %. На основании полученных результатов можно сделать вывод: для более эффективного расслаивания необходимо увеличивать время расслаивания.

#### Список использованных источников

1. ГОСТ 14710-78 ТОЛУОЛ НЕФТЯНОЙ Технические условия. Дата введения 01.01.80 года
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 ПИТЬЕВАЯ ВОДА И ВОДОСНАБЖЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Утверждены постановлением от 26.09.01 года главным государственным санитарным врачом РФ
3. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и в воде. Изд. 2-е, пер. и доп. Л. «Химия», 1975. - 456 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН ПО ИОНАМ ЖЕЛЕЗА

Лубнина А.Ю., студент, Кондратюк Е.В., к.т.н., ст. преподаватель

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

В практике водоочистки достаточно сложно подобрать оптимальный метод очистки от соединений железа, так как каждый из существующих методов требует учитывать множество различных факторов (концентрацию железа и формы его присутствия, его способность гидролизироваться, способ утилизации образующегося осадка или загрязненного материала, содержание сероводорода, окисляемость и т.п.). Очистка может производиться химическими методом с использованием реагентов для окисления железа (хлора, озона, гипохлорит натрия, карбонат кальция и др.), что является источником вторичных загрязнений. Мембранные фильтроэлементы имеют высокую стоимость и при очистке от ионов железа они быстро выходят из строя и могут быть использованы, как правило, на финишной стадии очистки воды. Возможно проводить очистку электро-химическими методами: с применением электрического поля, электромагнитных колебаний, что требует достаточно высоких затрат энергии. При фильтровании, встает вопрос о регенерации и утилизации осадков. Таким образом, представляет интерес разработка метода, учитывающего перечисленные недостатки. Из практики водоочистки известно, что сорбционные методы являются наиболее оптимальными, легко поддаются автоматизации и не требуют больших эксплуатационных затрат.

Перспективным направлением является исследование процесса сорбции соединений железа на волокнистых сорбентах - базальтовых волокнах, которые получают путем раздувания расплава воздухом или паром. Его можно отнести к микроструктурным материалам, так как диаметр его волокон составляет от 6 до 8 мкм, вследствие этого он обладает высокоразвитой поверхностью при слое загрузки в несколько сантиметров, что эффективно способствует сорбции железа.

Исследование сорбционной емкости базальтового волокна по ионам железа проводилось в статических условиях по следующей методике. Растворы железа с концентрациями от 0,5 до 1000 мг/л помещались в колбы объемом 250 мл с навеской базальтового волокна массой 1 г и встряхивались в течение 2 часов. После этого они анализировались на содержание остаточного железа. Принцип анализа заключался в образовании комплексов железа с сульфосалициловой кислотой, которые в зависимости от концентрации железа

окрашиваются в цвета от светло-желтого до оранжевого. Содержание железа в пробе определялось фотоколориметрическим методом.

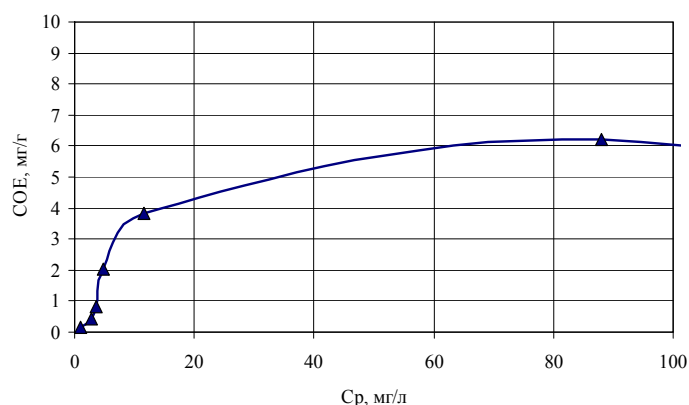


Рисунок 1 - Изотерма сорбции

На рисунке 1 изображена изотерма сорбции, где отражена зависимость статической сорбционной емкости базальтового волокна от равновесной концентрации. С ростом концентрации происходит увеличение статической сорбционной емкости, которая достигает своего максимального значения при равновесной концентрации около 80 мг/л и составляет 6,207 мг/г. Пределах равновесных концентраций от 0 до 10 мг/л наблюдается резкий рост статической сорбционной емкости, при концентрациях 10 мг/л начинается замедление процесса сорбции.

Для того чтобы исключить погрешность при расчете статической обменной емкости базальтового волокна, обусловленную гидролизом железа, был проведен следующий эксперимент. Растворы железа с теми же концентрациями подвергались встряхиванию в течение 2 часов без добавления волокна и анализировались тем же методом. Были получены следующие экспериментальные данные, представленные в таблице 2.

Таблица 1 – Экспериментальные данные определения концентрации ионов железа в пробах при холостом определении

Концентрация исходная, мг/л	Концентрация равновесная, мг/л	Масса гидролизованного железа, мг
2,5	3,72	-0,122
7	8,37	-0,137
12	15,33	-0,333
25	25,83	-0,083
50	43,87	0,61
150	98,58	5,14
250	199,94	5,06
500	448,06	5,19
750	492,32	25,8
1000	908,16	9,18

Таким образом, по данным таблицы 1 можно сделать вывод, что сорбция железа на базальтовых волокнах способствует его гидролизу, а при концентрациях железа в растворе более 150 мг/л гидролиз имеет преобладающее значение.

## ИСПАРИТЕЛИ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ – ПЕРСПЕКТИВА ВОДОПОДГОТОВКИ НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЯХ (ТЭЦ)

Новомлинский М.О. - студент, Андреева Н.Г. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Теплоэнергетика является потребителем огромного количества воды. Например Барнаульская ТЭЦ-2 для своей работы использует около 2 миллионов тонн сырой воды, а

для генерации энергии её котлам необходимо 8 миллионов тонн питательной воды и 1,5 миллиона тонн обессоленной воды, то есть ежечасно ТЭЦ необходимо вырабатывать около 1000 тонн обессоленной воды высокого качества. В настоящее время 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 400000 тонн сточных вод в год. Колоссальное количество тепла теряется в процессе обескислороживания и охлаждения воды в градирнях. Расплата за эти огромные траты ложится на потребителей тепловой и электрической энергии.

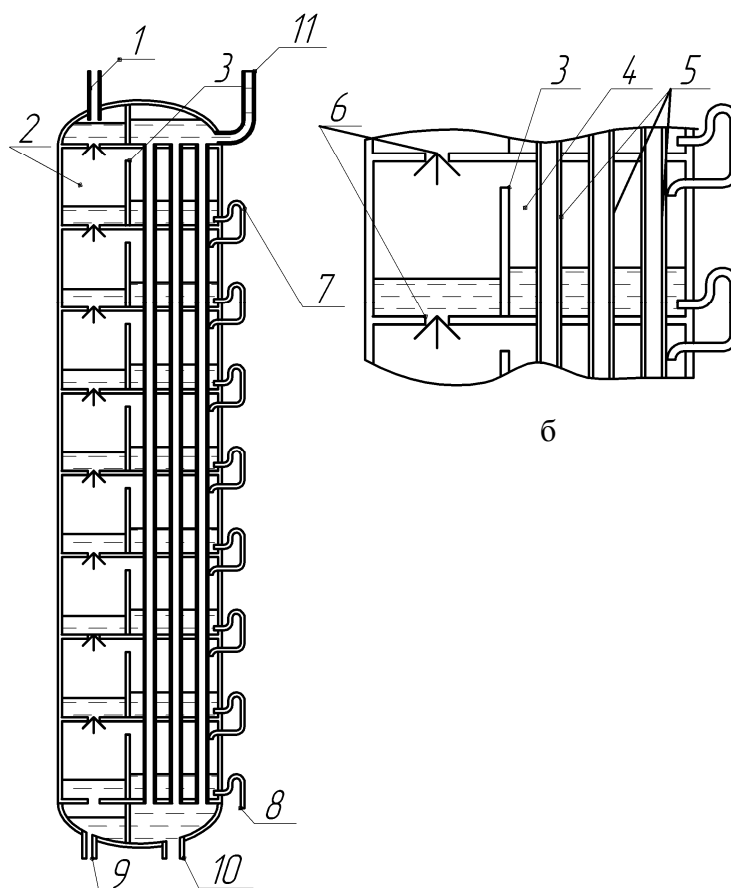
А между тем существуют технологии существенного снижения себестоимости обессоленной воды, воздействия на окружающую среду, и как следствие стоимости киловатт-часа и гигакалории энергии. Одним из таких методов является применение испарителей мгновенного вскипания (ИМВ). Это позволит полностью отказаться 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. Кроме того, разработаны и успешно используются технологии рекуперации тепла на основе ИМВ.

ИМВ представляет собой аппарат колонного типа (рисунок 1 а.), каждая ступень которого состоит из камеры расширения и камеры конденсации (рисунок 1 б.). Ступени имеют небольшую высоту (0,5 м), что делает возможным компактное размещение большого количества ступеней при приемлемых высотах корпусов (до 6 м). От количества ступеней зависит потребляемое количество пара. Чем больше ступеней, тем меньше расход пара на выработку одного и того же количества дистиллята. Такая многократная, многоступенчатая технология расширения воды позволяет возратить до 90% и более тепла в цикл ИМВ, а это, в свою очередь, снижает потребление стороннего тепла. Для подогревания воды может быть использован мятый и низко температурный пар турбинного цеха.

ИМВ работает по следующей схеме (рисунок 1.). Циркуляционная вода после подогревателя 1 поступает в первую ступень ИМВ 2, где расширяется, при этом температура воды снижается на 3-4 °С, пар, пройдя систему паросепарации 3, поступает в камеру конденсации 4, где конденсируется на трубках конденсатора 5, отдавая тепло циркуляционной воде, которая течет внутри трубок. Неиспарившаяся вода через водопереточные устройства 6 перетекает в следующую камеру, где повторяется процесс расширения с образованием и последующей конденсацией пара. Конденсат по системе переливных каналов 7 стекает в низ колонны и направляется на генерацию пара. Циркуляционная вода, проходя каждую ступень, повышает свою концентрацию солей жесткости и при этом уменьшает свою температуру. В конце процесса вода отводится в 9 для частичной продувки и разбавления исходной водой, подается на охлаждение конденсата в 10. Охлаждая конденсат, вода нагревается до 95 °С и подается в подогреватель 11.

Технологические процессы, осуществляются в свободном объеме, что делает возможным работу ИМВ на воде, прошедшей упрощенную обработку подкислением с добавкой антинакипинов, что удешевляет производство обессоленной воды, значительно повышает экологичность производства.

Этот технологический процесс предсказуем, полностью автоматизирован и не требует вмешательства человека. Низкие температуры (105 ... 40 °С) и давления паровой среды (от 0,1 до 0,01 МПа) проведения процессов испарения делают аппараты для осуществления процессов не подведомственными надзорным органам.



а

Рисунок 1 ИМВ : а - общий вид, б - ступень: 1- циркуляционная вода после подогревателя; 2 - первая ступень; 3- система паросепарации 4 - камера конденсации; 5 - трубы конденсатора; 6 - водопереточные устройства; 7 - переливной канал; 8 – очищенная; 9 – отвод циркуляционной воды; 10 – подвод циркуляционной вод; 11 – вода на подогреватель.

### РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ИОНОВ КАЛЬЦИЯ В ВОДЕ

Обухова Е.М. – студент, Удалова Е.В. – студент, Куртукова Л.В., аспирант,  
Сомин В.А., аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Вода играет исключительную роль в процессах обмена веществ живых организмов. Она также необходима для различных потребностей человека, которые ежегодно возрастают. Потребление воды сопровождается ее сбросом в виде стоков, которые часто загрязнены. Поэтому в настоящее время остро встал вопрос очистки сточных вод.

Одними из наиболее распространенных загрязнителей являются соединения кальция и магния, которые определяют жесткость воды. Наличием в природной воде, в том числе и в пресной, больших количеств растворенных солей кальция и магния приводит к образованию накипи и инкрустаций.

Проблема образования накипи является общей для большинства отраслей промышленности, прежде всего для теплоэнергетики. Отложения солей жесткости на поверхности нагревательного, теплообменного и технологического оборудования, внутри трубопроводов повышают энергетические затраты, снижают ресурс работы оборудования, требуют значительных эксплуатационных расходов. С другой стороны, повышение энергетических затрат неразрывно связано с увеличением выбросов загрязняющих веществ в атмосферу как собственно в процессе производства, так и при использовании воды в виде энергоносителя.



В настоящее время существует ряд способов очистки воды от солей жесткости, при этом наиболее часто используют способ фильтрации воды через ионообменную смолу.

Анализ оценки эффективности технологии очистки зависит от того, насколько качественно организована методика анализа солей жесткости, в том числе ионов кальция.

Целью нашей работы является проработка методов анализа водных растворов на ионы кальция.

Для определения содержания кальция в воде нами был выбран комплексометрический метод, основанный на взаимодействии ионов кальция с индикатором, что сопровождается изменением окраски полученного соединения [1]. Для проведения анализа мы использовали следующие реактивы: комплексон III, соляную кислоту (0,1 н), едкий натр (0,1 н) и эриохром черный. В методике рекомендуется использовать мурексид в качестве индикатора. Но путем проведения литературного поиска, мы выяснили, что для данной методики лучше использовать эриохром черный, т.к. с его применением изменение окраски происходит наиболее заметно [2].

Для построения калибровочной кривой были наведены растворы с концентрациями ионов кальция от 5 мг/л до 180 мг/л, при титровании которых были получены следующие данные:

Таблица 1 – Изменение объема комплексона (III) от концентрации ионов кальция

Начальная концентрация ионов кальция, мг/л	80	60	20	0	0	0	0	5
Количество комплексона, мл	9	9	8	8	7	7	7	7
	6,3	2,2	8,3	1,7	8,2	7,1	3,7	2,1

На основании полученных данных была построена калибровочная кривая, представленная на рисунке 1:

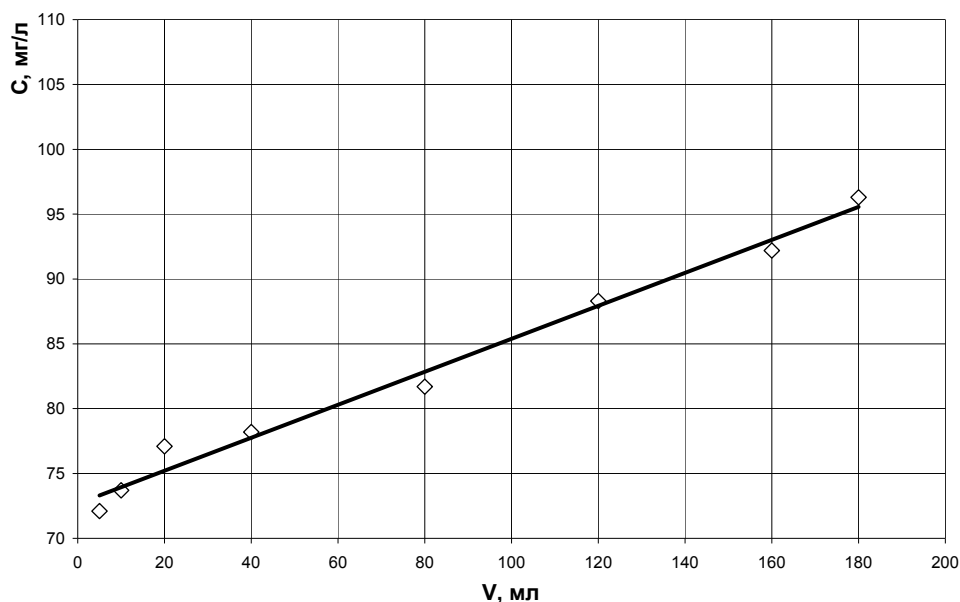


Рисунок 1 – Калибровочная кривая для определения ионов кальция

В ходе работы мы экспериментально выяснили, что более заметный переход наблюдается при добавлении несколько большего количества индикатора, чем рекомендуется. Оптимальная доза эриохрома черного составила 0,3 г на каждую пробу.

Литература:

1. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. Издание 2-е, исправленное. М.: Химия, 1973.–376 с.
2. Карастелев П.П. Реактивы и растворы в металлургическом анализе. М.:1977.–400 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСИ ВОДА-ТОЛУОЛ-ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ

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

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

Целью исследований является разработка малоотходной ресурсосберегающей технологии разделения смеси растворителей, образующейся после нейтрализации кислой водно-толуольно-спиртовой смеси (ВТСС) при производстве кремнийорганических жидкостей, которое освоено на одном из химических предприятий Алтайского края.

Количество образующейся смеси растворителей составляет около 1200 т/год, в состав входят (масс. %): этанол - 50; вода - 46; толуол - 4. В настоящий момент эти жидкие горючие отходы на предприятии накапливаются в специально оборудованных емкостях. С экологической и экономической точек зрения это нецелесообразно, так как теряется большое количество ценных компонентов, которые могут быть возвращены в производство.

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

Основным способом разделения смесей сложного органического состава является процесс ректификации. Для оптимизации работы ректификационной колонны с помощью прикладного пакета математических программ необходимо иметь набор параметров бинарного взаимодействия изучаемой смеси. Для этого с помощью групповой модели UNIFAC спрогнозировано равновесие жидкость – пар во всех бинарных системах исследуемой смеси. Полученные данные описаны уравнением Вильсона в программной реализации НИИНЕФТЕХИМа, г. Уфа. Результат математической обработки – параметры бинарного взаимодействия ( $\lambda_{12}$ ,  $\lambda_{21}$ ) для всех двухкомпонентных систем исследуемой смеси представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры уравнения Вильсона для бинарных составляющих исходной смеси

Система	$\lambda_1$	$\lambda_2$
Этанол-толуол	0,01560	0,3986
Этанол-вода	1,25400	0,5305
Толуол-вода	0,00002	0,0002

Для изучения закономерностей ректификации и установления влияния параметров режима на конечные продукты разделения проводились серии экспериментов, в которых варьировался в заранее заданном диапазоне один из набора параметров при постоянстве остальных.

Из полученного набора параметров, путем последующей их обработки и анализа, выбирались оптимальные.

По принципу последовательной оптимизации параметров работы колонны по заданному качеству продуктов разделения просчитывался весь комплекс колонн. Каждый вариант расчета при этом являлся аналогом натурального эксперимента.

Для моделирования процесса периодической ректификации использована программа, разработанная НИФХИ им. Л.Я. Карпова [1]. Ее алгоритм основан на решении методом Гира системы дифференциальных уравнений, в каждом из всей совокупности элементов колонны, которыми являются тарелки, парциальный дефлегматор и резервуары. Математическая модель предусматривает следующие допущения:

- объемные задержки на тарелках постоянны во времени;
- мольный поток пара не меняется по высоте колонны и во времени;
- резервуары и тарелки работают в режиме идеального смешения;
- в каждый момент времени покидающие тарелку фазы находятся в равновесии;
- паровая фаза идеальна, жидкая фаза на тарелках описывается уравнением Вильсона.

Для расчета по описанной выше программе необходимы следующие исходные данные:

- состав исходной смеси (и количество для процесса периодической ректификации);
- физико-химические свойства компонентов, тепловые параметры (для процесса непрерывной ректификации);
- параметры аппарата: общая эффективность - количество теоретических тарелок;
- объемные задержки на тарелках и в дефлегматоре (для процесса периодической ректификации);
- фиксированные параметры режима: давление в верхней части колонны и перепад давления на тарелках.

Управляющие параметры режимы для периодической ректификации:

- паровой поток в колонне;
- скорость (время) отбора в дистиллят.

Оптимизацию параметров режима проводили при следующих требованиях к качеству получаемых продуктов:

- 1) присутствие в качестве кубового продукта только воды;
- 2) максимальное содержание этанола и толуола в дистилляте.

Оптимизация работы колонны осуществлялась согласно разработанному алгоритму. Вычислительный эксперимент по разделению изучаемой смеси проводился при различных диаметрах колонны (200 и 300 мм), числе теоретических тарелок (10, 15, 20, 40) и флегмовых числах (1, 2, 5, 10, 15, 20). По результатам оптимизации принимаем диаметр колонны  $d_k=300$  мм, тогда количество парового потока, рассчитанное исходя из ее диаметра и скорости пара, составит 6,63 кмоль/ч, колонна работает при атмосферном давлении. Результаты оптимизации представлены на рисунке 1.

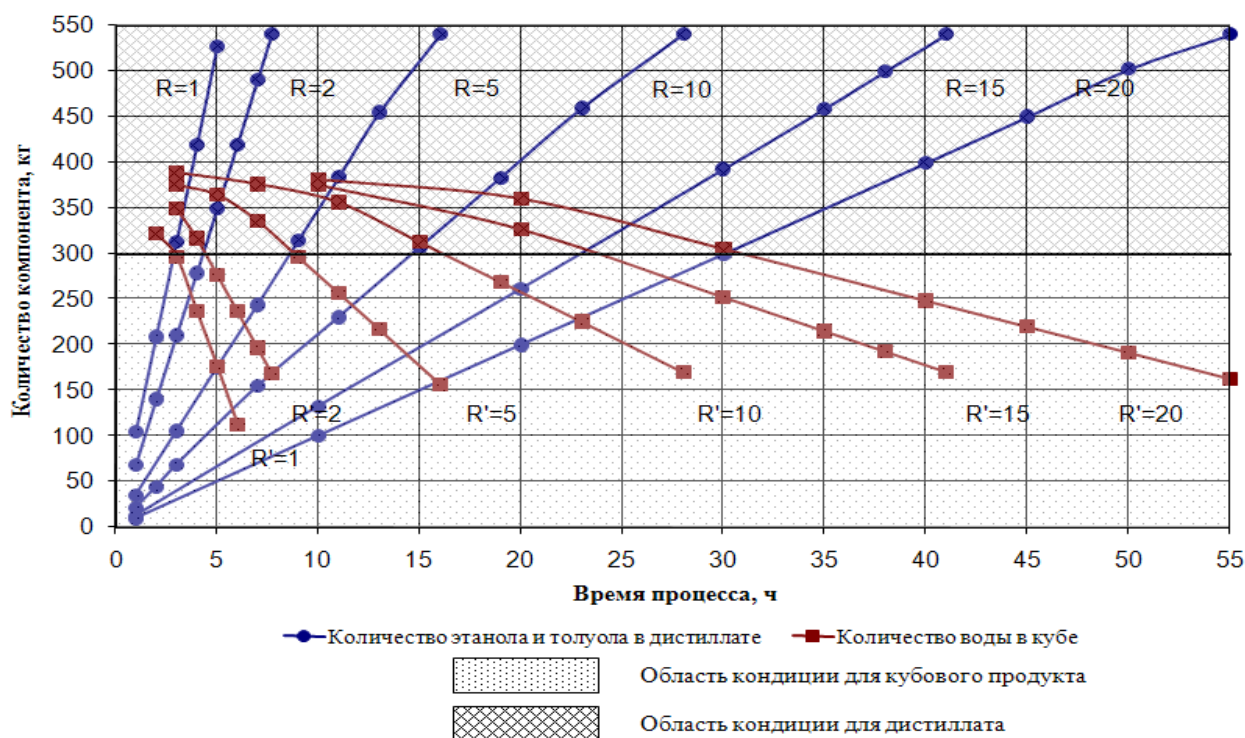


Рисунок 1 – Зависимость содержания дистиллата и кубового продукта от флегмового числа и эффективности колонны (число теоретических тарелок  $N=20$ )

Состав и количество продуктов, полученных при оптимальных параметрах и подлежащих дальнейшему разделению, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количество и состав продуктов разделения ректификационной колонны

Продукт	Количество, кг	Состав, масс. %		
		этанол	вода	толуол
Дистиллят	642,888	77,77	16,00	6,23
Куб	357,051	-	100	-

Таким образом, в результате оптимизации колонны периодического действия приняты следующие параметры, при которых происходит удовлетворительное отделение от исходной смеси воды:

- диаметр колонны – 300 мм;
- число теоретических тарелок – 20;
- флегмовое число – 2;
- время работы колонны – 6,7 часа.

#### Литература:

1. Давыдян, А.Г. Особенности процессов периодической ректификации в колоннах разного типа: Дисс...канд.техн.наук – М.: НИФХИ, 1991.- 162 с.

#### ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ

Онищук О. В. – студент, Бельдеева Л.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В современном мире экологические проблемы во все возрастающей степени затрагивают деятельность предприятий. К наиболее важным проблемам относится безопасное обращение с отходами, так как отходы производства и потребления, с одной стороны, представляют собой источник загрязнения окружающей среды, а с другой стороны – являются ценным источником вторичного сырья и материалов.

Проблема отходов является чрезвычайно сложной, т.к. относится ко всем сферам жизни общества. К настоящему времени разработано большое количество способов и схем

регулирования отходов. Важной проблемой в области защиты окружающей среды остается создание эффективных систем управления отходами на предприятиях. Такая система должна обеспечивать сокращение количества образующихся отходов, их максимальную переработку и вторичное использование, безопасное захоронение.

Изучение опыта развитых стран показывает, что для достижения баланса между экономическими интересами отдельного предприятия и экологическими интересами общества в целом необходимо внедрение новых управленческих концепций, основанных на принципах стратегического менеджмента, за которыми стоит повышение уровня самостоятельности всех субъектов управления.

Основой для совершенствования управления в области обращения с отходами может служить система стандартов серии ИСО 14000. Центральный документ стандарта - ИСО 14001 содержит требования к системам экологического управления, основанные на динамическом циклическом процессе "планирование, внедрение, контроль и анализ". Ключевым понятием стандартов серии ИСО 14000 является понятие системы экологического менеджмента. Она определяется как часть общей системы административного управления, включающая в себя организационную структуру, планирование, ответственность, методы, процедуры, процессы и ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, реализации, анализа и поддержания экологической политики. Стандарты рассматривают все элементы систем экологического менеджмента и дают практические рекомендации по их разработке и функционированию.

В соответствии с требованиями стандарта ISO 14001 система экологического менеджмента должна быть разработана, т.е. должны быть определены все ее элементы, их структурные взаимосвязи, а также взаимодействие с другими подсистемами в рамках общей системы управления предприятием.

Экологическая политика предприятия, его целевые и плановые экологические показатели должны быть основаны на знании экологических аспектов и значительных воздействий на окружающую среду, связанных с деятельностью, продукцией или услугами. Предприятие должно создать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии процедуры идентификации и получения доступа к законодательным и нормативным требованиям.

В рамках общего планирования деятельности необходимо разрабатывать и поддерживать в рабочем состоянии программы достижения целевых и плановых экологических показателей. Руководство обеспечивает наличие ресурсов, необходимых для внедрения системы экологического менеджмента и для контроля за ней. Обязанности, ответственность и полномочия сотрудников должны быть определены, документально оформлены и доведены до их сведения. Важное значение имеет идентификация потребностей в обучении персонала и организации соответствующего обучения всех сотрудников, чья работа связана с обращением с отходами и может повлиять на окружающую среду.

Документально оформляется создание и внедрение процедур, обеспечивающих обмен информацией между подразделениями, а также связь с внешними заинтересованными сторонами. Наличие документации системы экологического менеджмента способствует осведомленности персонала, делает возможной оценку системы и экологической эффективности организации. Выявляются те операции и виды деятельности, которые связаны со значимыми экологическими аспектами, чтобы обеспечить их осуществление.

В соответствии с требованиями стандарта предприятие должно создать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии процедуры для выявления возможных чрезвычайных ситуаций, которые могут оказывать воздействие на окружающую среду, и определяющие действия персонала в таких ситуациях.

Мониторинг и оценки – ключевые элементы деятельности в рамках системы экологического менеджмента, поэтому необходимо создать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии процедуры по определению ответственности и полномочий относительно выявления и изучения несоответствия, принятия мер для смягчения

негативных воздействий, а также по проведению корректирующих и предупреждающих действий.

Проведение через определенные интервалы времени внутренних аудитов системы позволяет установить ее соответствие требованиям международного стандарта и убедиться, что она должным образом внедрена и поддерживается в рабочем состоянии. Анализ со стороны руководства необходим для того, чтобы постоянно улучшать систему экологического менеджмента.

В целом, система управления отходами, соответствующая требованиям стандарта ИСО 14001, позволит:

- определить политику предприятия в области обращения с отходами, учитывающую все его специфические особенности;
- разработать и создать информационно-аналитическую систему, обеспечивающую получение точных данных о количестве и составе образующихся отходов; имеющихся в производственных мощностях по переработке отходов;
- идентифицировать приоритеты и установить соответствующие целевые и плановые экологические показатели, нацеленные на реализацию в первую очередь наиболее актуальных малозатратных мероприятий;
- разработать пакет документов, регламентирующих структуру, полномочия и ответственность, процедуры и правила работы системы управления отходами;
- сформировать организационную структуру управления, обеспечивающую комплексный подход к утилизации отходов и способную адаптироваться к изменяющимся условиям;
- разработать эффективные программы для реализации политики и достижения целевых и плановых экологических показателей;
- вести планирование, контроль, мониторинг, корректирующие действия, аудит и анализ, с тем, чтобы обеспечить как соответствие системы управления установленной политике, так и её поддержание на надлежащем уровне;
- определять потребности в обучении лиц, осуществляющих деятельность в области обращения с отходами, и проводить соответствующее обучение.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Т.В. Гусева, А.Е. Хачатуров, С.В. Макаров, Е.А. Заика, М.В. Хотулева. Добровольная экологическая деятельность: неиспользуемые возможности / - М.:СоЭС, 1999. - 75 с.
2. С.Ю. Дайман, Т.В. Островкова, Е.А. Заика. Системы экологического менеджмента для практиков / Эколайн, 2004. - 252 с.
3. Л. А. Кормина, Л.Н. Бельдеева. Экологический менеджмент и аудит: /Алт. гос. техн. ун-т им. И.И.Ползунова.- Барнаул: Изд-во «Азбука», 2007.-106 с.

#### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ АРТЕЗИАНСКИХ ВОД ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Панасенко А.В. – студент, Кондратюк Е.В. – к.т.н., старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В условиях интенсивного антропогенного влияния на природные водные ресурсы, приобретают актуальность вопросы, связанные с очисткой водных источников. Соли железа и марганца являются основными компонентами артезианских вод, что наиболее характерно для территории Сибири и Дальнего Востока. С такой водой возникает ряд проблем как при коммерческо-промышленном, так и при бытовом использовании. Их негативное влияние на человека заключается не только в прямом воздействии высоких концентраций, но и в отдаленных последствиях, связанных со способностью этих металлов аккумулироваться в

организме. В промышленности присутствие железа и марганца в воде вызывает коррозию трубопроводов и оборудования, а также негативно влияет на многие химические процессы.

Обезжелезивание-деманганация воды - без преувеличения одна из самых сложных задач в водоподготовке. Альтернативным решением этой проблемы является производство сорбентов на базе природного минерального сырья, таких как базальтовое волокно и бентонитовые глины. Практически неограниченные запасы этих материалов, их дешевизна, повсеместное нахождение, отсутствие существенных затрат на дополнительную обработку перед применением, довольно высокие адсорбционные, ионообменные, фильтрационные свойства делают экономически целесообразным использование природных сорбентов в процессах очистки.

Работа направлена на получение новых сорбционно-активных материалов с большой удельной поверхностью и обменной емкостью и исследование на них процесса очистки воды от ионов железа и марганца.

Сегодня бентонитовые глины вызывают большой интерес. Конечно, перспективы превращения этого простейшего нерудного материала в настоящее золото будет зависеть от ряда факторов. Но, по утверждению специалистов, их разработка многообещающа.

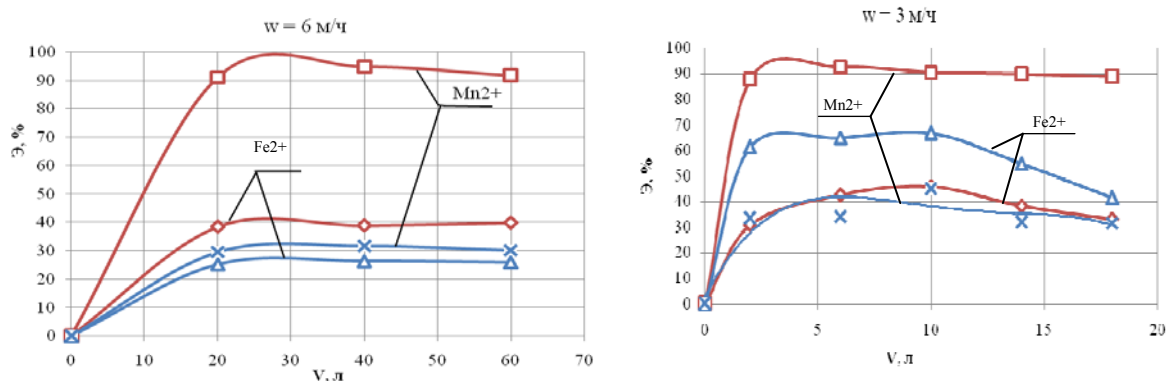
Применение бентонитовых глин для очистки воды от ионов тяжелых металлов до настоящего времени мало изучено. Поэтому нами была предпринята попытка создания бентонитовой крошки, которая могла бы быть использована в качестве фильтрующей загрузки и служить для задержания грубых механических примесей, а также основной части ионов железа и марганца, присутствующих в водах артезианских скважин в больших количествах.

Важной характеристикой бентонитов при использовании их в качестве сорбентов является удельная поверхность, которая напрямую зависит от размера частиц. Монтмориллонит отличается ярко выраженной моносферной структурой пор с эффективным радиусом 1,8 – 2,0 нм. Так как многие ионы металлов имеют радиус ионной атмосферы в пределах 0,05-0,4 нм, то наличие нанометровых пор позволяет им легко диффундировать во внутренние слои сорбента, что позволяет проявлять высокие сорбционные свойства.

Фильтрующая крошка была получена прокаливанием опытного образца бентонитов Таганского месторождения в муфельной печи при температуре 800<sup>0</sup>С. В результате получился стабильный, прочный, водоустойчивый материал, способный сохранять свое состояние длительное время.

Для изучения динамической обменной емкости бентонитовой крошки по ионам Fe<sup>2+</sup> и Mn<sup>2+</sup> был проведен ряд экспериментов на пилотной установке, в которой применялся модуль фильтра «Родник-3М» диаметром 90 мм, где в качестве фильтрующей загрузки использовали новый сорбционный материал. Высота слоя (Н) варьировалась от 4 до 6 см. С целью изучения влияния скоростного режима на эффективность процесса очистки модельные растворы с концентрациями 4,5 мг/л иона Fe<sup>2+</sup> и 2,25 мг/л иона Mn<sup>2+</sup> пропускались через фильтр со скоростью 3 и 6 м/ч. Результаты экспериментов представлены в виде графиков на Рисунке 1.

■ - Н = 6 см ■ - Н = 3 см



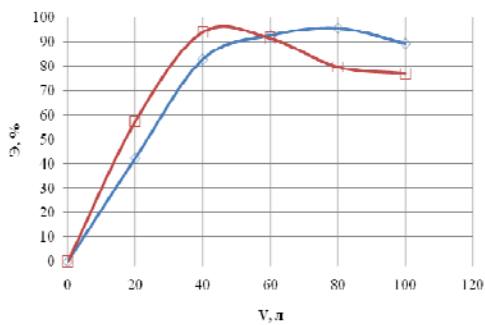


Рисунок 1 – Зависимости эффективностей очистки (Э) железа – и марганецсодержащей воды от объема раствора (V), профильтрованного на бентонитовой крошке

Как оказалось, оптимальной является работа фильтра с бентонитовой крошкой при скорости фильтрации 6 м/ч и высоте слоя загрузки, равной 6 см. Данный режим обеспечивает постоянство гидравлического сопротивления и максимальную эффективность очистки от ионов железа 40 – 42 % при объеме пропущенного раствора V=60 л, от ионов марганца – 92 – 97 % при том же объеме раствора.

Большой удельной поверхностью, помимо бентонитовых глин, обладают волокнистые сорбенты. Пространственно неориентированная структура их каналов позволяет загрязнениям контактировать с большой поверхностью в единицу времени. Движение жидкости не подчиняется определенным закономерностям, и, благодаря планарной структуре, носит хаотичный характер, позволяющий ионам с большой ионной атмосферой быстрее и эффективнее диффундировать к поверхности сорбента. Так структурировано и базальтовое волокно, которое получают раздуванием струи расплава горных пород (базальта) сжатым воздухом. Развитая внутренняя поверхность, механическая прочность волокон, химическая стойкость в агрессивных водных средах – эти и многие другие достоинства делают базальтовое волокно перспективным сорбентом для очистки воды.

В предыдущих исследованиях нами были выявлены хорошие сорбционные свойства бентонитовой крошки по отношению к ионам  $Mn^{2+}$ , однако сорбция ионов  $Fe^{2+}$  происходит несколько хуже. Для решения проблемы обезжелезивания были проведены эксперименты по исследованию фильтровально-сорбционных свойств базальтового волокна в процессе очистки воды от ионов железа. Для этого модельный раствор с концентрацией 4,5 мг/л иона  $Fe^{2+}$  пропусклся через фильтр со скоростью 6 м/ч. Высота слоя загрузки составила 8 см при массе волокна в 25 г. Пробы отбирались через каждые 20 л, при этом фиксировалось время фильтрации и концентрации ионов в фильтрате фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой.

Результаты эксперимента показывают, что эффективность очистки воды повышается постепенно в течение фильтрации V = 60 л и достигает максимума 93 % (Рисунок 2, кривая №1). Далее эффективность ухудшается вследствие выхода из загрузки фронта адсорбированных ионов железа.

Для восстановления сорбционных свойств материала были проведены эксперименты по его регенерации. Регенерационный раствор щавелевой кислоты, объемом 5 литров и концентрацией 0,614 г/л пропусклся через отработанное волокно со скоростью 1,3 м/ч. После регенерации материал промывался водой. Анализируя полученную кривую № 2 на Рисунке 2, можно сказать, что регенерация базальтового волокна возможна и количество железа, вымываемого регенерационным раствором, достаточно, чтобы полностью восстановить сорбционные свойства фильтрующей загрузки.

Волокно:

1 – свежее; 2 – после однократной регенерации

Рисунок 2 - Зависимость эффективностей очистки (Э) железосодержащей воды от объема раствора (V), профильтрованного на базальтовом волокне

Как известно, неорганические компоненты базальтовых волокон проявляют хорошую химическую активность, что позволяет легко проводить их модификацию различными органическими и неорганическими активаторами для придания необходимых свойств. Таким



образом, возможна модификация его поверхности бентонитом, активированного бикарбонатом натрия. Это привело к увеличению пористости и удельной поверхности природного минерала, к повышению ионообменных свойств за счет изменения состава обменных катионов и созданию активных центров. Затем активированный бентонит в виде коллоидальной суспензии приводили в контакт с базальтовым волокном путем интенсивного перемешивания в слабокислой среде. В результате модификации удалось получить сорбционный материал на базальтовой основе – «Бентосорб».

Аналогично рассмотренным выше сорбентам, были исследованы свойства нового композиционного материала в процессе очистки воды от ионов железа и марганца. Параметры фильтрования на «Бентосорбе» при различных начальных концентрациях растворов  $Fe^{2+}$  и  $Mn^{2+}$  представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Сорбционные параметры «Бентосорба» при скорости фильтрования 6 м/ч

Параметры	Начальные концентрации ионов, мг/л					
	$Fe^{2+} = 4,5$	$Mn^{2+} = 2,25$	$Fe^{2+} = 2,25$	$Mn^{2+} = 2,25$	$Fe^{2+} = 1,125$	$Mn^{2+} = 2,25$
Эффективность, %	85 - 98	38 - 45	70 - 80	18 - 25	60 - 65	0
Фильтроцикл, ч	3,3	3,1	8,3	6,4	12,2	0

Из Таблицы 1 видно, что «Бентосорб» показывает большую эффективность при очистке железом – и марганецсодержащей воды с концентрацией 4,5 мг/л ионов  $Fe^{2+}$  и 2,25 мг/л ионов  $Mn^{2+}$ . Очевидно, что скорость фильтрования, равная 6 м/ч, является слишком высокой для концентраций 1,125 мг/л ионов  $Fe^{2+}$  и 0,56 мг/л ионов  $Mn^{2+}$ , и процесс сопровождается проскоковым эффектом. Продолжительность фильтроцикла при средних концентрациях ионов загрязняющих веществ (2,25 мг/л ионов  $Fe^{2+}$  и 1,125 мг/л ионов  $Mn^{2+}$ ) достигает больших значений, нежели при максимуме и минимуме этих концентраций. Следовательно, периоды фильтроцикла для каждого иона зависят от исходной концентрации раствора, радиуса ионной атмосферы, от химических свойств и структуры иона, увеличение которых может быть достигнуто применением фильтрующей загрузки с большей массой и высотой соответственно.

В ходе проделанной работы были исследованы три типа материалов на основе природного минерального сырья, каждый из которых показывает высокие фильтровально-сорбционные свойства по отношению к ионам железа и марганца.

По результатам экспериментальных исследований предлагаем принципиальную технологическую схему очистки артезианских вод от ионов железа и марганца при использовании новых сорбентов.

Процесс фильтрования включает три ступени: на первой происходит очистка воды от взвешенных веществ, грубых механических примесей, основной части ионов  $Mn^{2+}$ , а также происходит задержание нерастворимого гидроксида  $Fe(OH)_3$ , находящегося в воде в виде осадка или взвеси. Обезжелезивание является результатом второй ступени – фильтрование через базальтовое волокно. «Бентосорб» выполняет функции доочистки на третьей ступени и приближает воду к питьевым параметрам.

Данная технология позволит навсегда решить проблему обезжелезивания–деманганации воды.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ В Г. БАРНАУЛЕ

Сафонова М.В. – студент, Бельдеева Л.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Согласно действующему законодательству к полномочиям органов местного самоуправления городских округов в области обращения с отходами относится организация сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов. Санитарно-

эпидемиологическими службами ситуация в области образования, хранения и захоронения отходов производства и потребления в г. Барнауле оценивается как неудовлетворительная и сохраняющая угрозу здоровью населения.

Целью работы является выявление путей и средств повышения эффективности системы управления промышленными отходами в городе Барнауле, а также разработка предложений по совершенствованию данной системы.

Проблема отходов не решается только созданием малоотходных технологий, так как кроме технологических она имеет экономические, социальные и организационные аспекты, которые должны рассматриваться в комплексе. Необходимо сочетание гибкости рыночной экономики, способной на быструю сырьевую переориентацию, с адекватной государственной поддержкой, стимулирующей использование отходов и уменьшение их негативного воздействия на окружающую среду.

Для разработки предложений по совершенствованию системы обращения с отходами производства и потребления в г. Барнауле нами была исследована ее структура и основные характеристики, проанализировано законодательство в области обращения с отходами на федеральном и региональном уровне, а также муниципальная нормативно-правовая база. Изучен имеющийся опыт управления муниципальными отходами в Российской Федерации и в зарубежной практике. Технические и технологические аспекты проблем обращения с отходами детально изучались на примере Октябрьского района г. Барнаула.

При выполнении работы использовались данные, предоставленные Администрацией г. Барнаула, Алтайским межрегиональным управлением по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора, ТУ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, а также ООО «Экостандарт», основным видом деятельности которого является сбор и транспортировка отходов, образующихся в жилом секторе, на предприятиях и в организациях, расположенных на территории города.

В г. Барнауле действует около 16 тыс. предприятий и организаций различного профиля, в которых образуются отходы 1-5 класса опасности для окружающей среды. По данным комитета по промышленности г. Барнаула в Октябрьском районе расположено более 30 промышленных предприятий, которые относятся к девяти отраслям промышленности. Наибольшее количество отходов в районе образуется в результате деятельности предприятий, относящихся к отрасли производства и распределения электроэнергии, газа и воды. По данным Ростехнадзора, всего в ходе деятельности предприятий отрасли образуется около 45,5 тыс. т отходов в год.

Наиболее развитой отраслью является металлургическое производство и производство готовых металлических изделий. К данной отрасли относятся ОАО «Энергомашкорпорация», ОАО «Барнаульский кузнечно-прессовый завод» и ООО «НПО Барнаульский завод котельного оборудования». На предприятиях данной отрасли образуется порядка 15 тыс.т отходов в год. В районе расположены предприятия по производству пищевых продуктов, наиболее крупными из которых являются ОАО «ЛАКТ» и ООО «Хлебозавод № 4». Количество образовавшихся отходов данной отрасли составляет 10 тыс.т/год. В деятельности предприятий, относящихся к текстильному и швейному производству, производству машин и оборудования, электронного и оптического оборудования, образуется 2 тыс.т/год. Остальные сектора промышленности (целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность, производство транспортных средств и оборудования, химическое производство и другие) представлены единичными предприятиями, на долю которых приходится 43 тыс.т/год. Общее количество промышленных отходов 1-5 класса опасности в Октябрьском районе составляет порядка 120 тыс.т/год.

Инфраструктура переработки промышленных отходов в г. Барнауле представлена единичными предприятиями, принимающими только отходы пластмасс, картон, бумагу и ртутные люминесцентные лампы. В связи с недостатком мощностей по переработке значительная часть ежегодно образующихся промышленных отходов захоранивается.

Предприятиями Октябрьского района в получены лимиты на размещение 9 тыс.т/год отходов на городском полигоне ТБО и 13 тыс.т/год на полигоне промотходов ОАО «ПО АМЗ». Оба полигона не в полной мере соответствуют действующим экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям и подлежат закрытию и рекультивации.

Немалую проблему представляют собой отходы, образующиеся при эксплуатации автотранспорта. По состоянию на 01.01.2005 г. в г. Барнауле было зарегистрировано более 160 тыс. автомобилей, в связи с чем возрос объем отходов от эксплуатации автотранспортных средств, которые в настоящий момент нигде не перерабатываются.

Анализ нормативно-правовой базы показал, что одной из основных причин, сдерживающих развитие в Барнауле эффективного управления отходами, является отсутствие нормативно-правового закрепления статуса, прав и обязанностей в системе управления отходами. На территории города отсутствует адекватная учетная политика в сфере обращения с отходами. Для многих предприятий и организаций не установлены нормативы образования и лимиты на размещение отходов производства и потребления. В настоящее время отсутствуют достоверные данные по количеству образующихся отходов. Так же невозможно отследить, где и как они утилизируются. Договора на вывоз отходов со специализированными организациями заключают, в основном, крупные и средние предприятия. Мелкие предприятия, пользуясь отсутствием эффективной системы контроля за их деятельностью, во многих случаях размещают образующиеся отходы на самовольных свалках или в контейнерах, установленных в жилом фонде.

Проведенный анализ показывает необходимость оперативных и кардинальных изменений в системе обращения с отходами производства и потребления на территории г. Барнаула. Так как проблема является комплексной, имеет целый ряд технических, технологических, организационных, управленческих и социально-экономических аспектов, ее решение наиболее целесообразно проводить путем разработки и реализации муниципальной целевой программы.

Основными программными мероприятиями являются:

- разработка проектов нормативных правовых актов, регулирующих обращение с отходами;
- организация системы учета и мониторинга процессов обращения с отходами;
- развитие инфраструктуры экологически безопасного обезвреживания и переработки отходов производства и потребления;
- экологическое просвещение и образование населения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бельдеева Л.Н., Лазуткина Ю.С., Комарова Л.Ф. Экологически безопасное обращение с отходами; под общей редакцией Комаровой Л.Ф.: /Алт. гос. техн. ун-т им. И.И.Ползунова.- Барнаул: Изд-во «Азбука», 2006.- 180 с.
2. Малышев Р.П. Теоретические аспекты внедрения системы управления твердыми отходами в муниципалитетах // Город и городское хозяйство: сб. ст. 3 всерос. конф., апрель 2007. - Самара: Самар. муницип. ин-т управления, 2007. - С.116-119.

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

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

Для местных властей проблема твердых коммунальных отходов, без преувеличения, стоит в списке первоочередных. С 2005 г. в соответствии с Федеральным законом от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" организация сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов отнесены к компетенции органов местного самоуправления. Статьей 13 определены требования к обращению с отходами на территориях муниципальных образований:

1. Территории муниципальных образований подлежат регулярной очистке от отходов в соответствии с экологическими, санитарными и иными требованиями.

2. Организацию деятельности в области обращения с отходами на территориях муниципальных образований осуществляют органы местного самоуправления в соответствии с законодательством Российской Федерации.

3. Порядок сбора отходов на территориях муниципальных образований, предусматривающий их разделение на виды (пищевые отходы, текстиль, бумага и другие), определяется органами местного самоуправления и должен соответствовать экологическим, санитарным и иным требованиям в области охраны окружающей природной среды и здоровья человека.

Отсутствие опыта такой работы в муниципалитетах является одним из препятствий, не позволяющих в полной мере обеспечивать проведение государственной политики в области обращения с отходами на территории Алтайского края.

Объемы образования коммунальных (муниципальных) отходов складываются из двух потоков: от жилого фонда и от организаций, учреждений, предприятий. Эта смесь, состоящая в основном из разнообразного хлама, содержит ценные металлы, стеклянные контейнеры, пригодные для дальнейшего использования, а также макулатуру и пластик, привлекательные для дальнейшей переработки, пищевые отходы, незаменимые для удобрения почвы, инертные отходы, пригодные для рекультивации земель и строительства. Но наряду с ними в этой смеси содержится еще большее количество опасных отходов: тяжелые металлы из электронного оборудования и элементов питания, остатки лакокрасочных средств и средств защиты растений, инфицированные медицинские отходы, отходы автотранспорта. Растущее количество отходов и нехватка средств их переработки характерны для многих городов. Муниципальные власти повсеместно пытаются найти лучший способ для утилизации отходов своих граждан. Особенно остро эта проблема стоит на урбанизированных территориях, так как все больше отходов вывозится на дальние расстояния.

Местные власти пытаются совершенствовать системы управления отходами, опираясь на традицию, собственный опыт, а также опыт, накопленный в Российской Федерации и в зарубежной практике. Развитие происходит малоэффективным путем проб и ошибок. Каждое муниципальное образование независимо от других проводит отдельные мероприятия, направленные на улучшение системы обращения с отходами и накапливает знания об их эффективности. Возникающие при этом ошибки столь велики, что приводят к серьезным экологическим проблемам. Для российских муниципалитетов опыт развитых стран имеет ограниченное применение. Это обусловлено радикальными различиями экономических институтов в России и за рубежом. Кроме того, структура образующихся отходов и целесообразные способы их удаления в значительной степени варьируются для разных субъектов Российской Федерации.

В г. Барнауле система обезвреживания твердых бытовых отходов (ТБО) основана на их захоронении на полигоне в Лыняном логу, который ежегодно принимает более 1 млн. куб. м ТБО. Полигон существует с 1974 года, построен без проекта и практически исчерпал свою мощность. Действующая система сбора не обеспечивает разделение и накопление отходов по видам, не стимулирует население к внедрению селективного сбора отходов и ограничивается вывозом отходов к местам их захоронения.

Опасность представляют собой все стадии обращения с отходами. Действующие системы сбора не обеспечивают разделение и накопление отходов по видам, не стимулируют население к внедрению селективного сбора и ограничиваются вывозом отходов к местам их захоронения. Транспортировка отходов осуществляется без действенной системы контроля их работы. Системы обезвреживания твердых бытовых отходов (ТБО) основаны на их захоронении на полигонах и свалках, большинство из которых практически исчерпали свою мощность.

Улучшению экологической обстановки в городе способствовал запуск в эксплуатацию мусоросортировочного комплекса. Однако отсутствие предварительной сортировки отходов в местах их образования приводит к потере ценных качеств компонентов отходов, подлежащих переработке во вторичное сырье. Не извлекается органическая часть отходов, которая может быть переработана в компост.

Как показывает российский и зарубежный опыт, сфера обращения с отходами имеет специфические особенности, определяющие основные принципы формирования системы управления:

- неконтролируемое обращение с отходами наносит серьезный ущерб окружающей среде и здоровью населения, формирует экологические проблемы будущих поколений;

- отходы имеют отрицательную стоимость, т.е. собственник отходов должен оплачивать их утилизацию;

- отходы в большинстве случаев могут рассматриваться как источник вторичных ресурсов, однако выделение компонентов и фракций, пригодных для переработки их во вторичное сырье требует дополнительных затрат, которые за редким исключением не компенсируются доходом от реализации получаемого сырья.

Основными принципами формирования системы управления отходами являются:

- Недопустимость свободных рыночных отношений в этом секторе экономики. Законы свободного рынка диктуют минимизацию затрат на удаление отходов, что входит в противоречие с задачами охраны окружающей среды и здоровья населения. Ответственность за безопасное обращение с отходами лежит на органах власти, которые могут привлекать к реализации принятых программ предприятия и организации разных форм собственности.

- Централизация системы управления отходами с целью повышению ее экологической и экономической эффективности.

- Организация финансирования мероприятий по реализации комплексного подхода в развитии санитарной очистки города, минимизации ущерба окружающей среде и здоровью населения при обращении с отходами.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления"
2. Концепция санитарной очистки г. Барнаула, утв. решением городской Думы от 23 декабря 2005 г. N 261
3. И. Бабанин. Раздельный сбор в России: миссия выполнима // ТБО, №2/2007 г.

#### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ЦИНКА И НИКЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сухорукова О.В. – студент, Сомин В.А – аспирант, Комарова Л.Ф – д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Вода является важнейшим компонентом окружающей природной среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом, который используется и охраняется в РФ как основа жизни и деятельности народов, проживающих на ее территории [1].

В результате хозяйственной деятельности происходит загрязнение водных объектов – сброс в них сточных вод, а также образование вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают их использование, либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов. К наиболее опасным загрязнителям относятся, прежде всего, хлорорганические соединения, углеводороды, соли тяжелых металлов.

Ионы тяжелых металлов обладают ярко выраженным эффектом суммации, а также способны включаться через цепь питания в круговорот элементов и концентрироваться в микроорганизмах, растениях, животных и через них попадать в организм человека. Под их

влиянием у животных и человека могут возникать заболевания центральной нервной системы, кровеносных сосудов, сердца, печени и других органов. Кроме того, некоторые соединения тяжелых металлов обладают мутагенным действием.

Машиностроительная отрасль является одним из крупнейших источников образования опасных загрязняющих веществ. К наиболее вредным относятся гальванические производства, сточные воды которых содержат целый комплекс высокотоксичных соединений, включая соли тяжелых металлов.

Никелирование и цинкование являются одними из основных процессов электрохимических покрытий, позволяющих защитить поверхность деталей от преждевременного истирания и коррозии. В состав наиболее широко применяемых ванн никелирования входят три основных компонента: сульфат никеля, борная кислота и хлорид никеля или натрия. [ii]. Ионы указанных металлов, попадая в окружающую среду в виде минеральных солей и других соединений, оказывают сильное негативное влияние на живые организмы, в том числе на человека. Поэтому очистка сточных вод различных производств и утилизация отработанных растворов гальванического производства, содержащих соединения никеля и цинка, представляет научный и практический интерес.

Реагентные методы позволяют очистить воду от ионов тяжелых металлов, но при этом они достаточно трудоемки, требуют больших затрат реагентов, площадей для осуществления процесса и неизменности условий его проведения.

Решение этой проблемы ионообменными методами позволяет возвращать в технологический цикл, как очищенную воду, так и извлеченные соединения тяжелых металлов. Однако известные способы очистки малопродуктивны и их внедрение на действующих предприятиях требует больших капитальных затрат, расходов электроэнергии и реагентов.

Для снижения сбросов сточных вод с высоким содержанием ионов тяжелых металлов можно использовать в качестве сорбента природные минеральные материалы – бентонитовые глины [iii].

Для исследования природных материалов – бентонитовых глин – были изучены различные виды бентонитов Таганского месторождения: кальциевый 12 горизонта и натриевый 14 горизонта. Для увеличения сорбционной емкости кальциевого бентонита при освобождении активных центров он был подвергнут двум видам активации: солевой и содовой. Поскольку глины 14 горизонта находятся в натриевой форме, необходимости их активировать не было. Следует отметить, что использование бентонитовых глин в чистом виде затруднено в связи с образованием трудноосаждаемых водных суспензий, уносом частиц бентонита и большими потерями напора при фильтровании. Поэтому их необходимо нанести в виде тонкого слоя на подготовленный каркас. Для этих целей широко используют пористую керамику, синтетическую ткань, войлок, армированное волокно. В качестве такого материала было решено использовать сосновые опилки, которые в сочетании с бентонитом могут обеспечить достаточную эффективность очистки при сравнительно невысоком рабочем давлении в фильтре.

Для исследования сорбционной емкости индивидуальных веществ были наведены модельные растворы с содержанием ионов цинка и никеля от 10 до 1500 мг/л. После перемешивания раствора с бентонитом и опилками производилось отстаивание суспензии и анализ осветленного раствора на ионы цинка и никеля фотоколориметрическим методом.

По полученным, в ходе экспериментов, данным были построены кривые сорбции. Максимальная статическая емкость по ионам цинка наблюдается у натриевого бентонита и

кальциевого бентонита содовой активации; соответственно 23 мг/г и 21 мг/г, в свою очередь у кальциевого бентонита солевой активации она равняется 17 мг/г. Для ионов никеля максимальное значение статической емкости было выявлено у кальциевого бентонита содовой и солевой активации; соответственно 37 мг/г и 31 мг/г. У натриевого бентонита эта величина составила 17 мг/г. Статическая емкость сосновых опилок по ионам цинка и никеля равна 3 мг/г и 8 мг/г соответственно.

Проведенные исследования по изучению сорбционной емкости индивидуальных веществ показали, что бентонитовые глины обладают гораздо большей сорбционной емкостью по сравнению с древесными опилками. Поэтому нами был предложен сорбционно-ионообменный материал из древесных опилок, на которые были нанесены бентонитовые глины в соотношении (бентонит/опилки) 1:1, 1:2 и 1:3. В дальнейшем он использовался для проведения исследований по изучению статической и динамической емкости по отношению к ионам цинка и никеля. Нанесение бентонита на опилки осуществлялось в водной среде, после чего смесь подвергалась высушиванию, измельчению и термической обработке.

Для изучения сорбционной емкости полученного материала были приготовлены модельные растворы с содержанием ионов цинка и никеля от 10 до 1500 мг/л. В три первые серии опытов в каждый раствор добавлялось по 1 г материала, состоящего из опилок и натриевого бентонита с соотношением 1:1, 1:2 и 1:3. В четвертой, пятой и шестой сериях добавлялся материал из опилок и кальциевого бентонита содовой активации с таким же соотношением компонентов. Содержимое колб непрерывно перемешивалось в течение нескольких часов, затем производилось отстаивание суспензии и анализ осветленного раствора на ионы цинка и никеля.

Проведенные на полученном сорбенте эксперименты показали незначительное уменьшение статической емкости при уменьшении доли бентонита в материале (таблица 1). При этом наибольшая механическая прочность была выявлена у сорбента, приготовленного в соотношении 1:2. Поэтому данный вид материала может быть предложен для очистки воды от ионов цинка и никеля.

Таблица 1 – Сорбционная емкость материала по ионам цинка и никеля при различных соотношениях исходных компонентов

Материал	Соотношение бентонитов и опилок	Статическая емкость, мг/г	
		по ионам цинка	по ионам никеля
Натриевый бентонит и опилки	1:1	8,6	8,9
	1:2	6,8	7,0
	1:3	6,5	6,9
Кальциевый бентонит содовой активации и опилки	1:1	38,0	19,8
	1:2	29,2	14,9
	1:3	29,0	10,0

Исследования по изучению динамической емкости проводились на пилотной фильтровальной установке, где в качестве фильтрующей загрузки применялся сорбент с соотношением компонентов 1:2. В качестве модельных растворов использовались растворы сульфатов цинка и никеля с концентрацией 50 мг/л и 10 мг/л. В ходе эксперимента отобранные пробы фильтрата подвергались анализу на ионы цинка и никеля фотоколориметрическим методом. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Максимальная эффективность очистки воды от ионов цинка и никеля на модифицированном материале

Материал	Максимальная эффективность, %			
	по ионам цинка		по ионам никеля	
	$C_{н}=50$ мг/л	$C_{н}=10$ мг/л	$C_{н}=50$ мг/л	$C_{н}=10$ мг/л
Натриевый бентонит и опилки в соотношении 1:2	57	61	90	74
Кальциевый бентонит содовой активации и опилки в соотношении 1:2	54	64	93	83

По полученным результатам максимальная эффективность очистки модельных растворов от ионов цинка и никеля наблюдается на материале состоящего из опилок и кальциевого бентонита содовой активации с соотношением компонентов 1:2, кроме ионов цинка с концентрацией раствора 50 мг/л.

Таким образом, полученный в результате сорбент, обладает достаточной емкостью для извлечения ионов цинка и никеля, что позволяет применять его для очистки сточных вод гальванических производств. Рекомендуется использовать для извлечения ионов из водных растворов материал, состоящий из кальциевого бентонита содовой активации и опилок в соотношении 1:2.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 
- <sup>i</sup>. Никаноров А. М. Экология. – М.:ПРИОР, 2002. – 303 с.
  - <sup>ii</sup>. Найденко В.В. Губанов Л. Н. Очистка и утилизация промстоков гальванических производств. – Н. Новгород: ДЕКОМ, 1999. – 368 с.
  - <sup>iii</sup>. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. Ленинград: Химия, 1982.-168 с.

#### РЕКОНСТРУКЦИЯ СТАНКА ПРОДОЛЬНОГО РАСКРОЯ АМБ 30-70

Таллина О.Б. – студент, Сесёлкин И.В. – к.т.н., доцент кафедры ХТ и ИЭ,

Сосин Г.В. – механик сборочного цеха ОАО ПО «Алтайский шинный комбинат»,

Кривоносов А.В. – конструктор ПКО–3 ОАО ПО «Алтайский шинный комбинат»

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

На предприятии ОАО ПО «АШК», несмотря на экономический кризис, производство автопокрышек не снижается. Руководством предприятия получен заказ на изготовление покрышек типоразмером 425/85R21, из которых делают грузовые шины повышенной проходимости, предназначенных для эксплуатации на полноприводных автомобилях КамАЗ и Урал. Изготовление таких покрышек предполагает применение брекерных браслетов шириной 360 мм. Для получения заготовок металлокордной ленты данной ширины требуется станок, которого нет на предприятии.

В настоящее время раскрой металлокордного полотна осуществляется на АМБ 30-70 для получения брекера грузовых покрышек типоразмеров 8.25R20 и 12.00R20. Станок



продольного раскроя (рис. 1), входящий в агрегат для раскроя брекера, предназначен для разделения состыкованной металлокордной полосы на две непрерывные ленты.

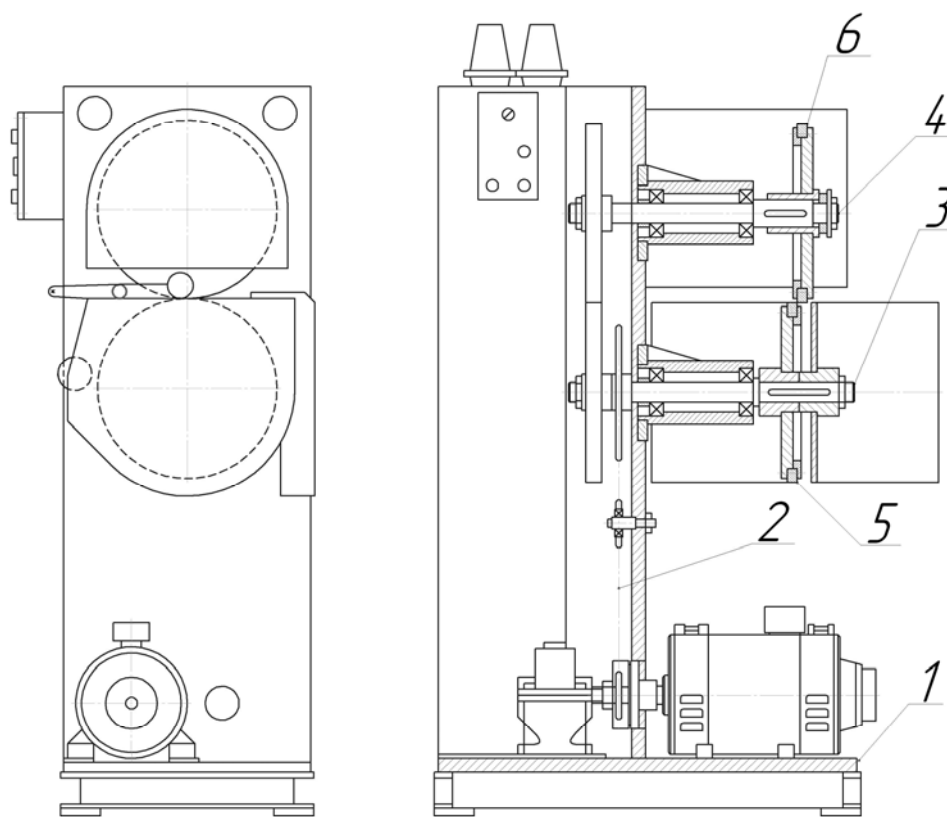


Рисунок 1 – Станок продольного раскроя АМБ 30-70

1-станина, 2-цепная передача, 3-нижний вал, 4-верхний вал, 5,6 – дисковые ножи

Конструкция станка продольного раскроя включает: станину сварной конструкции 1 и смонтированный на ней привод, связанный через цепную передачу 2 с нижним валом 3, на котором между несущим и обводным барабанами установлен дисковый нож 5. Второй дисковый нож 6 установлен на верхнем валу 4, связанным с нижним валом 3 с помощью косозубой передачи. На входе в станок имеются: центрирующее устройство, выполненное в виде винта и двух подвижных щёк, подпружиненные ролики. На выходе из станка установлен разделительный клин и отделитель. На наружной поверхности шкафа управления смонтирован пульт, счётчик метража и нож с электрообогревом. На нижней части станины установлена стойка с датчиками для контроля петли на выходе из станка. Основным элементом станка являются дисковые ножи, расположенные в вертикальной плоскости.

Состыкованное металлокордное полотно из свободно-висящей петли проходит через центрирующее устройство и поступает на несущий и обводной барабаны, к которым прижимается прижимными роликами и попадает в зону соприкосновения ножей, где происходит раскрой на две ленты, которые разделяются клином и поступают в петли перед закаточными устройствами. Контроль состояния петель осуществляют оптические датчики.

Существующая установка продольного реза металлокордной ленты агрегата АМБ 30-70 не позволяет пропустить через приводной барабан диаметром 360 мм полосу корда шириной  $350 \pm 5$  мм, так как мешает дисковый нож, который имеет жёсткую конструкцию.

Реконструкция станка (рис.2) заключается в том, чтобы установить сверху существующего корпуса приводной стойки огибной ролик 1 и приводной барабан 2 с прижимным роликом 3. Такая конструкция предназначена для того, чтобы полосу корда проводить сверху установки, не пропуская через ножи. Приводной барабан приводится во

---

вращение при помощи цепной передачи 4 от вала привода существующей установки. В соответствии с требованиями техники безопасности цепь привода над корпусом приводной стойки ограждена кожухом 5.

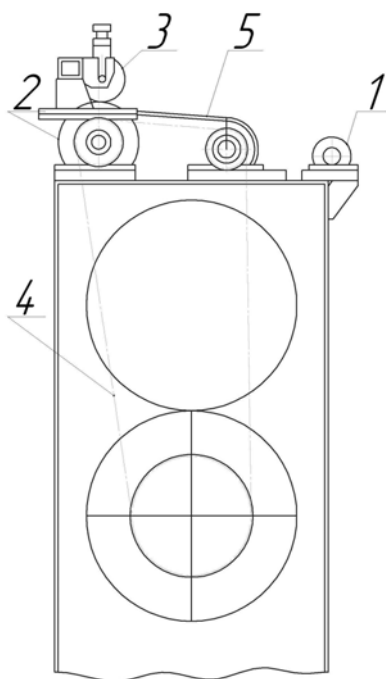


Рисунок 2 – Реконструкция станка  
продольного раскроя  
1-огибной ролик, 2-приводной  
барaban, 3-прижимной ролик, 4-цепная  
передача, 5-кожух

Работоспособность предложенной конструкции подтверждена выполненными расчётами подшипниковых узлов, цепной передачи, роликов, мощности электродвигателя.

Предлагаемая реконструкция станка продольного раскроя позволяет получать брекер шириной 360 мм, что исключает необходимость приобретения нового станка для производства брекера покрышки типоразмером 425/85R21.

## ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПОРОШКООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ОКАТЫВАНИЯ

Таллина О.Б. – студент, Иванова М.Г. – студент, Курочкин Э.С. – к.х.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Гранулирование порошкообразных материалов широко применяется в химической промышленности. Товарные продукты в виде гранул легко дозируются, расфасовываются, не пылят, меньше слеживаются, обладают рядом других ценных потребительских свойств. Такими продуктами являются гранулированные минеральные удобрения – аммофос, карбамид, двойной суперфосфат, аммиачная селитра; минеральные кормовые добавки. Важной стадией в ряде технологических процессов является обжиг сырья, окатанного в гранулы – в производстве термических фосфатов; производство катализаторов, адсорбентов и др.

---

Методы гранулирования и аппаратура в отечественной и зарубежной практике многообразны. Классифицируются они следующим образом: 1) метод окатывания – гранулы формируются из порошкообразного материала путем их агрегации или послойным ростом с последующим уплотнением их структуры; 2) метод прессования сухих порошков с получением брикетов, плиток и т.п. с последующим их дроблением; 3) метод формования или экструзии - продавливания пастообразной массы через отверстия; 4) гранулирование в псевдооживленном слое и другие.

Целью исследовательской работы являлось изучение гранулирования порошкообразного материала, полученного предварительным измельчением глины до фракции частиц менее 0,3 мм, методом окатывания при максимальном выходе товарной фракции с размером гранул -4,5 +2 мм. Гранулирование методом окатывания состоит в предварительном образовании агрегатов из равномерно смоченных водой частиц или в наслаивании сухих частиц на смоченные ядра – центры гранулирования. Этот процесс обусловлен действием капиллярно-адсорбционных сил сцепления между частицами и последующим уплотнением структуры, вызванным силами взаимодействия между частицами в плотном динамическом слое в грануляторах барабанного или тарельчатого типов.

Опыты проводились на многофункциональной установке, позволяющей изучать процессы гранулирования несколькими методами: окатывания, экструзии, прессования. В работе использовался барабанный гранулятор с объемом сферического барабана 8 литров. Установка позволяла изучать зависимость доли выхода заданной по размерам товарной фракции гранул от угла наклона барабана, скорости его вращения, степени увлажнения исходного материала, длительности окатывания.

Навеска исходного порошка глины около 500 г помещалась в барабан и при заданных скорости вращения барабана и угле наклона его производилось окатывание порошка в гранулы. В процессе окатывания материал через форсунку увлажнялся фиксированным количеством воды. Предварительными опытами установлено оптимальное количество воды, которое на навеску 500 г порошка составляло 60 мл.

Влияние каждого из перечисленных параметров на величину выхода гранул размером -4,5 +2 мм изучалось в отдельной серии экспериментов. Установлено, что выход гранул определенного размера мало зависит от угла наклона барабана и длительности процесса. Последняя составляла в среднем 20 минут, а оптимальный угол наклона барабана принят 20°. Решающим фактором, определяющим гранулометрический состав продукта, является скорость вращения барабана, которая в экспериментах изменялась от 10 до 60 оборотов в минуту. При этом выявлены следующие закономерности. Малая скорость вращения барабана 10-20 об/мин приводит к образованию крупных до 10-15 мм гранул с постоянным увеличением их размера за счет агломерации и в готовом продукте мелкие фракции практически отсутствуют. С увеличением же скорости вращения барабана возрастает доля более мелких фракций, в том числе и заданной товарной. Оптимальный выход фракции -4,5 +2 мм имел место при скорости вращения барабана 50 об/мин. Таким образом, оптимальными параметрами в соответствии с заданием можно считать следующие: скорость вращения барабана 50 об/мин, угол наклона барабана 20°, расход воды – 60 мл на 500 г порошка, длительность окатывания 20 мин с максимальным выходом 54%. Основным итогом работы следует считать возможность получения гранулированного материала с любым гранулометрическим составом путем изменения исследованных параметров в процессе гранулирования и в первую очередь скорости вращения барабана.

Фракционный состав гранулированного продукта изучался методом ситового анализа с использованием набора сит с постоянным модулем и размерами отверстий, мм: 11, 4.5, 3.5, 2.0, 0.5, 0.2, 0.15.

Таблица 1 – Данные ситового анализа

№ сит в наборе	Размер ячеек сита, мм	Масса всего материала после рассеивания, г	Масса остатка на каждом сите, г	R, % - доля остатка на каждом сите	D, % - доля материала, прошедшего через сито	Состав материала по классу частиц		
						Граничные размеры, мм	Масса фракции, г	Фракция, %
0	11	432	-	-	-	+11	13,6	3,15
1	4.5		132,4	26,48	73,52	- 11+4,5	132,4	30,65
2	3.5		118,8	23,76	76,24	- 4,5+3,5	118,8	27,50
3	2.0		114,8	22,96	77,04	- 3,5+2	114,8	26,50
5	0.5		27,5	5,50	94,50	- 2+0,5	27,5	6,36
6	0.2		12,2	2,44	97,56	- 0,5+0,2	12,2	2,81
7	0.15		3,5	0,70	99,30	- 0,2+0,15	3,5	0,81
	Остаток <0,15		9,2	1,84	98,16	- 0,15	9,2	2,13

В таблице 1 представлены результаты ситового анализа и фракционный состав гранулированного продукта, полученного в «оптимальном режиме». Сума масс фракций на ситах 2 и 3 составляла 118,8 и 114,8 г, что и дает общий выход 54%.

#### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ МЕДИ И ХРОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ СОРБЦИОННО-ИНООБМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Фогель А.А. - студент, Сомин В.А. - аспирант, Комарова Л.Ф. - д.т.н., проф.

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 за счет сброса в них загрязненных сточных вод. Содержащиеся в стоках вредные вещества ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают их использование, либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов. Вследствие этого, одной из важнейших задач защиты окружающей природной среды является очистка загрязненных вод.

Из известных загрязнителей одними из наиболее опасных являются тяжелые металлы, присутствующие в сточных водах гальванических производств, где ионы кадмия, хрома, цинка, никеля, меди, свинца, железа и др. под действием электрического тока оседают на поверхности обрабатываемых деталей в виде тонкой защитной или декоративной металлической пленки [1]. Очевидно, что проблема создания ресурсосберегающих технологий и оборотного водоснабжения в данных производствах важны для кардинального оздоровления экологической обстановки в стране.

Хромирование и меднение являются одними из наиболее распространенных гальванических операций, позволяющими защитить поверхность деталей от коррозии, истирания и придать им декоративные свойства. Стоки ванн хромирования и меднения содержат соответственно ионы Cr (VI) и Cu (II), ПДК которых для рыбохозяйственных водоемов составляют 0,05 мг/л и 0,1 мг/л соответственно.

Применение того или иного метода для очистки стоков, содержащих ионы хрома и меди должно осуществляться с учетом конкретных условий производства: состава ванн, в которых

---

наносятся покрытия и происходит промывка деталей, мощности производства и возможностей самого предприятия внедрить ту или иную систему очистки. До настоящего времени наибольшее распространение получили методы с использованием химических реагентов, позволяющих перевести токсичные соединения в менее токсичные или практически полностью выделить их из сточной воды в виде гидроксидов, карбонатов, сульфидов и других малорастворимых соединений [2]. Однако данные методы имеют существенные недостатки: введение в смесь нового химического соединения, которое также необходимо удалять, сравнительно высокую стоимость используемых реагентов, обширное реагентное хозяйство, безвозвратную потерю ценных веществ с осадками.

Одними из наиболее перспективных методов очистки сточных вод от соединений тяжелых металлов являются сорбционные, позволяющие возвращать в технологический цикл и очищенную воду, и извлекаемые соединения металлов. Существенный интерес для развития сорбционных методов представляет применение природных сорбентов как наиболее распространенных и дешевых. Использование подобных недорогих материалов делает экономически привлекательным создание водооборотных систем с использованием очищенных сточных вод от ванн промывки в гальванических производствах.

Известны сорбционно-ионообменные материалы, созданные на основе бентонитовых глин путем их нанесения на поверхность базальтовых волокон [3]. Такие комплексы могут быть использованы для очистки воды, содержащей тяжелые металлы. Однако представляет интерес подбор других материалов, которые могут служить каркасом при нанесении бентонитовых глин. Одним из таких материалов являются древесные опилки, которые образуются в качестве отходов на предприятиях и зачастую сжигаются в котельных. В этой связи экономически целесообразным представляется использование древесных опилок в качестве основы при получении новых сорбентов.

Для изучения сорбционной способности исходных материалов (бентонитовых глин и опилок) были проведены исследования на модельных растворах меди и хрома с концентрациями от 10 до 2000 мг/л. Нами изучалась статическая емкость бентонитовых глин Таганского месторождения (кальциевых, натриевых) и сосновых опилок с размером фракции от 1 до 5 мм.

Для увеличения сорбционной емкости кальциевый бентонит был подвергнут двум видам активации: солевой и содовой с целью освобождения активных центров. После перемешивания раствора с сорбентом производилось отстаивание суспензии и анализ осветленного раствора на ионы меди или ионы хрома фотоколориметрическим методом.

В результате экспериментов были построены изотермы сорбции исследуемых материалов. При этом выяснено, что наибольшей статической емкостью по ионам меди и хрома (65 мг/г и 94 мг/г соответственно) обладает кальциевый бентонит при содовом активировании. Наименьшей статической емкостью по ионам меди и хрома обладает неактивированный кальциевый бентонит (22 мг/г и 13 мг/г соответственно) и натриевый бентонит (21 мг/г и 11 мг/г соответственно). Статическая емкость кальциевого бентонита при солевом активировании по ионам меди и хрома аналогична друг другу (28 мг/г и 29 мг/г соответственно).

Проведенные эксперименты по изучению сорбционной емкости природных материалов показали, что бентонитовые глины обладают гораздо большей сорбционной емкостью по сравнению с древесными опилками. Однако использование бентонитов в чистом виде затруднено, поскольку они образуют трудноосаждаемые водные суспензии, а фильтрация воды через них сопровождается большими потерями напора на фильтре. Поэтому нами предложен сорбционно-ионообменный материал на основе древесных опилок, на который нанесены бентонитовые глины в соотношении (опилки / глина) 1:1, 1:2 и 1:3. Нанесение бентонита на опилки осуществляется в водной среде, после чего смесь подвергается высушиванию, измельчению и спеканию.

Статическая емкость данного материала несколько меньше, чем у исходного бентонита. Однако он обладает гораздо большей прочностью и при его приготовлении не образуется отходов.

Проведенные на сорбционно-ионообменном материале исследования показали, что при уменьшении соотношения бентонит – опилки наблюдается незначительное снижение сорбционной емкости (таблица 1). При этом материал, приготовленный в соотношении бентонит-глина 1:2, обладает большей прочностью. Это позволяет рекомендовать его для очистки воды от ионов меди и хрома. Кроме того, при изучении сорбции ионов хрома было выявлено, что сорбционная емкость материала резко увеличивается при концентрации ионов хрома в растворе свыше 1500 мг/л.

Таблица 1 – Сорбционная емкость материала по ионам меди и хрома (VI) при различных соотношениях бентонитовых глин и опилок.

Материал	Соотношение бентонитов и опилок	Статическая емкость, мг/г	
		по ионам меди	по ионам хрома
Кальциевый бентонит с содовой активацией и опилки	1:1	20	29
	1:2	10	18
	1:3	9,4	10
Натриевый бентонит и опилки	1:1	10,4	15
	1:2	7,6	7,5
	1:3	5,6	3,5

Дальнейшие исследования по изучению динамической емкости проводились на материале, приготовленном в соотношении 1:2, только для модельных растворов сульфата меди с концентрацией 50 мг/л и 10 мг/л. Эксперимент проводился на лабораторной сорбционно-ионнообменной установке.

Проведенные эксперименты показали, что степень извлечения ионов меди достаточно велика при пропускании первых порций раствора (рисунок 1). Так максимальная эффективность при начальной концентрации 10 мг/л составляет 96 % при использовании материала с натриевым бентонитом и 81,5 % при использовании материала с кальциевым бентонитом с содовой активацией. Достаточно высокая степень извлечения (больше 60 %) наблюдается при удельном объеме до 0,5 л/г. Однако впоследствии эффективность очистки падает. При исходной концентрации 50 мг/л максимальная эффективность составляет 89 % при использовании материала с натриевым бентонитом и 77 % при использовании материала с кальциевым бентонитом с содовой активацией. Затем степень извлечения резко уменьшается, эффективность свыше 60 % наблюдается лишь при удельном объеме до 0,15 л/г, что существенно меньше, чем в первом случае.

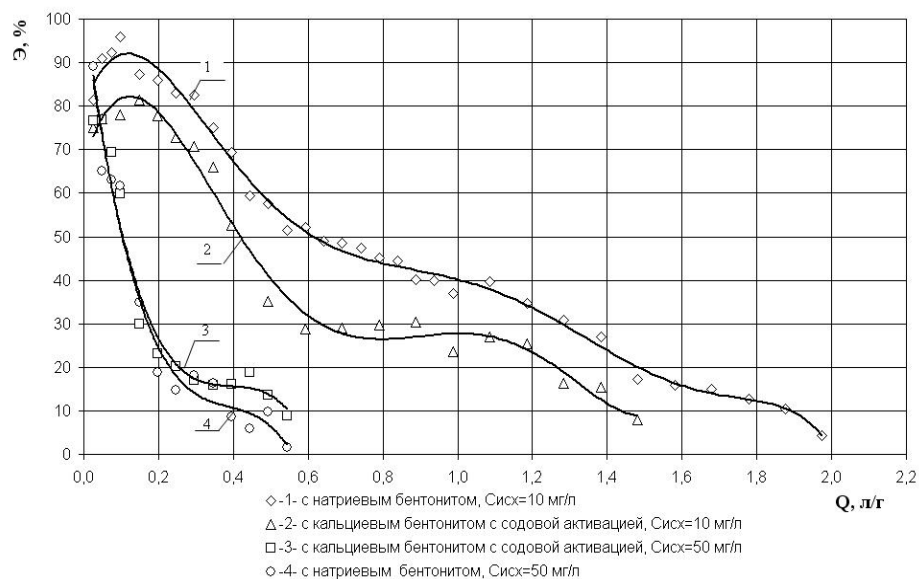


Рисунок 1 - Зависимость эффективности извлечения ионов меди от удельного объема раствора на материале из опилок и бентонита разных видов

Таким образом, наибольшая сорбционная емкость в динамических условиях наблюдается у материала из натриевого бентонита с опилками, что позволяет использовать его для извлечения ионов меди из водных растворов.

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать для очистки сточных вод гальванических производств сорбционно-ионообменный материал, состоящий опилок, модифицированных бентонитовыми глинами. Реализация данной технологии позволит существенно снизить потребление воды на промывку деталей, создать замкнутый водооборотный цикл и существенно уменьшить объем образующихся стоков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Найденко В.В. Губанов Л. Н. Очистка и утилизация промстоков гальванических производств. – Н. Новгород: ДЕКОМ, 1999. – 368 с.
2. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: Учебное пособие. – Барнаул, 2000 г. – 391 с.
3. Кондратюк Е.В. Совершенствование методов водоподготовки и очистки загрязненных вод на предприятиях машиностроения и теплоэнергетики с использованием модифицированных природных материалов// Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. технических наук, – Барнаул. – 2008.– С.19

#### РЕКОНСТРУКЦИЯ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА И ОПРОКИДЫВАНИЯ ФОРМАТОРА-ВУЛКАНИЗАТОРА 75"

Черепанова С.В. - студентка, Сеселкин И.В. – к.т.н., доцент, Лобарев Д.П. – заместитель главного механика ОАО ПО «АШК»

Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

На ОАО ПО «Алтайский шинный комбинат» налажен выпуск шин для грузовых и легковых автомобилей сельхозмашин, авиашин, резинокордных оболочек для высокоэластичных муфт, ковриков для легковых автомобилей. Условия работы пневматических шин требуют от покрышки высокой прочности, эластичности, износостойчивости и теплостойкости, так как она испытывает внутреннее давление

воздуха, крутящий момент, динамические усилия от толчков, нагрев вследствие внутреннего и внешнего трения, способность сохранять полученную форму и т.д.

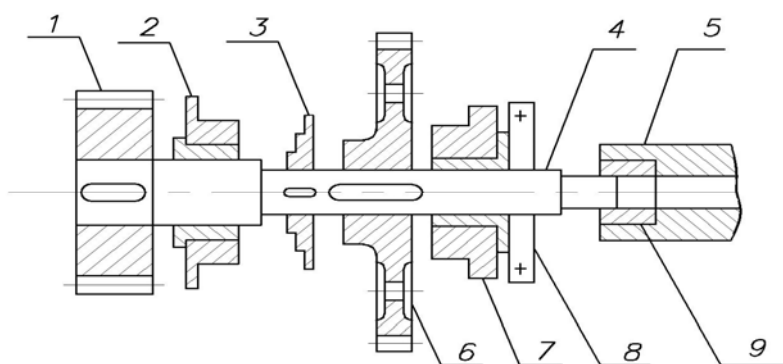
На завершающей стадии процесса производства шин используют форматоры-вулканизаторы, предназначенные для формования и вулканизации в пресс-формах заготовок автомобильных, тракторных и других покрышек при температуре 130-180<sup>0</sup>С. Сырьем для форматора-вулканизатора является сырая покрышка, состоящая из нескольких деталей и собранная определенным образом. Покрышкой называется резинотканевая оболочка пневматической шины, непосредственно воспринимающая усилия, действующие на нее при эксплуатации автомобиля. Она придает шине необходимые форму и защищает камеру от повреждений во время движения машины.

На форматоре-вулканизаторе 75" осуществляется производство шин следующих типоразмеров: 12.00-20; 14.00-20; 11.00-R20; 10.00-R20; 16.00-20; 21,3-24; 15,5-38 и т.д. При длительной эксплуатации форматора-вулканизатора поломки возникают в механизме подъема и опрокидывания. В сопрягаемых деталях механизма отрыва покрышки, а также механизма подъема и опрокидывания происходит повышенный износ подшипников скольжения (втулки). Большое влияние на такой износ оказывают силы трения, возникающие при взаимном перемещении сопряженных деталей. Вид износа, обусловленный силами трения, в данном случае является основным.

Результат износа проявляется в изменении размеров или формы детали, нарушении ее целостности, появлении задиров, царапин, трещин. Косвенными признаками износа являются снижение показателей работы машины, появление вибраций, заклиниваний.

Поверхность соприкосновения вал механизма подъема и опрокидывания с втулкой невелика, в результате чего посадочное гнездо разбивается, что иногда приводит к вылету вала, и как следствие – ремонту форматора-вулканизатора.

С целью увеличения межремонтного периода форматора-вулканизатора предлагается выполнить реконструкцию вала, принадлежащего одному из узлов механизма подъема и опрокидывания. Узел (рис.1) состоит из вала 4, полухомута 8, зубчатого колеса 6 ( $z=84$ ,  $m=9$ ), звездочки 3 и шестерни 1 ( $z=20$ ,  $m=13$ ). Вал вращается в двух опорах выполняющих роль подшипников скольжения. Таких валов в механизме два и они являются осью вала механизма отрыва покрышки.



1-шестерня; 2-корпус подшипника; 3-звездочка; 4-вал механизма подъема и опрокидывания; 5-вал механизма отрыва покрышки; 6 - зубчатое колесо; 7 - корпус подшипника; 8-полухамут; 9-подшипник скольжения (втулка).

Рисунок 1- Узел механизма подъема и опрокидывания

Для уменьшения износа втулки необходимо удлинить шейку вала механизма подъема и опрокидывания на 45 мм (что достигается заменой вала). В результате поверхность соприкосновения вала и втулки увеличится, что в свою очередь предотвращает вылет вала.



Предлагаемая реконструкция позволяет повысить надёжность узла, снизить простой оборудования и получить экономический эффект. Работоспособность реконструируемого узла подтверждена выполненными расчетами на прочность вала.

## ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Д.Г. Шимонаева – студент, В.А. Сомин – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время в связи с интенсивным загрязнением окружающей среды приобретает особую актуальность проблема очистки сточных вод. Для ее решения необходимо применять эффективные технологии, основанные на новейших достижениях науки. Существующие методы очистки зачастую имеют высокую стоимость, поскольку основаны на использовании дорогостоящих материалов. В этой связи представляет интерес получение новых сорбентов, более эффективных и менее дорогостоящих. При этом необходимо учитывать их физико-механические и физико-химические характеристики.

Целью данной работы является изучение свойств сорбционно-ионообменных материалов, состоящих из двух компонентов, один из которых представляет собой активный комплекс (бентонит), который нанесен на поверхность твердого носителя, в качестве которого было предложено использовать древесные опилки. Использовался бентонит двух типов: кальциевый и натриевый, каждый из которых смешивался с опилками в соотношении (1:1), (1:2) и (1:3).

От механической прочности сорбента зависит количество его возможных регенераций. Значительное измельчение материала обусловлено его истиранием, что увеличивает сопротивление фильтрующего слоя и негативно влияет на его сорбционную способность.

Прочность определялась путем измельчения образца сорбента с массой 10 г и размером от 5 до 15 мм в горизонтальной шаровой мельнице в течении 20 минут с керамическими шарами диаметром 10 мм в количестве 10 штук. После истирания образец рассеивался на мелком сите для отделения пылевидной фракции. При этом были получены данные, представленные в таблице 1:

Таблица 1 – Механическая прочность сорбентов

Параметры	Сорбент с кальциевым активированным бентонитом			Сорбент с натриевым неактивированным бентонитом		
	1	2	3	1	2	3
Соотношение бентонита и опилок	1	2	3	1	2	3
Количество неразмолотого материала, г	8,71	6,27	6,17	7,67	7,4	6,12
Прочность материала, %	8,710	6,270	6,170	7,670	7,400	6,120

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что увеличение доли опилок в составе рассматриваемых материалов приводит к уменьшению их механической прочности.

Влажность сорбента определялась по разнице масс исходного образца весом 1 г и высушенного при температуре 150°C в течение 30 минут. Результаты представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Влажность сорбентов

Параметры	Сорбент с кальциевым активированным бентонитом			Сорбент с натриевым неактивированным бентонитом		
	1\1	2\1	3\1	1\1	2\1	3\1
Соотношение бентонита и опилок	1	2	3	1	2	3
Масса высушенного материала, г	0,9629	0,9670	0,9691	0,9611	0,9619	0,9672
Влажность, г/г сорбента	0,0371	0,0330	0,0309	0,0390	0,0381	0,0329
Влажность, %	3,71	3,30	3,09	3,90	3,81	3,29

Как видно, увеличение доли опилок в составе материала приводит к уменьшению его влажности, при этом у сорбента с натриевым бентонитом влажность несколько выше, чем у аналогичного материала с кальциевым бентонитом.

Одним из важных свойств сорбентов является зольность, которая определяет возможность их утилизации методом сжигания. Зольность находили для навесок материала весом по 1 г, прокаливая их в течении 2 часов при температуре 800 С.

Таблица 3 – Зольность сорбентов

Параметры	Сорбент с кальциевым активированным бентонитом			Сорбент с натриевым неактивированным бентонитом		
	1\1	2\1	3\1	1\1	2\1	3\1
Соотношение бентонита и опилок	1	2	3	1	2	3
Масса материала после прокаливания, г	0,5535	0,7571	0,7767	0,6022	0,7460	0,7830
Зольность сорбента, %	55,35	75,71	77,67	60,22	74,60	78,30

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о том, что зольность рассматриваемых материалов увеличивается пропорционально содержанию в их составе доли опилок. Визуально было отмечено, что зола сорбентов с кальциевым бентонитом имеет серый цвет, а с натриевым – светло-коричневый.

Одной из основных характеристик сорбентов является суммарный объем пор. Для его определения навески сорбента массой 1,5 г в течение 15 мин. кипятили с добавлением 40 мл дистиллированной воды. Затем полученную суспензию фильтровали на воронке Бюхнера до сыпучего состояния. После этого влажный сорбент взвешивали и определяли его массу.

Таблица 4 – Суммарный объем пор

Параметры	Сорбент с кальциевым активированным бентонитом			Сорбент с натриевым неактивированным бентонитом		
	1\1	1\2	1\3	1\1	1\2	1\3
Соотношение бентонита и опилок	1\1	1\2	1\3	1\1	1\2	1\3
Масса обезвоженного материала, г	6,71	8,06	8,57	4,8	8,13	8,65
Масса воды в порах, г	5,21	6,56	7,07	3,30	6,63	7,15

---

По результатам опытов выявлена тенденция увеличения суммарного объема пор при уменьшении доли бентонита в сорбенте. Наибольший объем пор имеет материал с соотношением кальциевого бентонита и опилок и натриевого бентонита и опилок с соотношением (1:3).

Проведенные исследования позволяют рекомендовать материал с натриевым неактивированным бентонитом и опилками в соотношении (1:2), поскольку он имеет достаточно высокие прочностные характеристики и суммарный объем пор.

## ПОДГОТОВКА РУДЫ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕМ В БАРАБАННОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ МШР 36x40

Щенникова Т.В. – студент, Курочкин Э.С. - доцент

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

Горнодобывающая промышленность является одной из ведущих отраслей народного хозяйства. Основной деятельностью предприятия является извлечение из руд разных составов по благородному металлу – золота. В настоящее время предприятие работает на сырье только собственных месторождений. Процесс добычи драгоценного металла очень продолжительный и затратный. На данный момент процесс извлечения золота хорошо развит и продолжает развиваться.

Основным процессом в подготовке руды является измельчение материала. На действующем предприятии этот процесс осуществляется в барабанной шаровой мельнице МШР 36x40. В настоящее время в виду продолжительной эксплуатации оборудования отдельные узлы его требуют реконструкции с заменой их с использованием современных материалов. В частности, значительный износ внутренней футеровки, состоящей из стальных бронеплит, требует замены из-за их износа.

При модернизации мельницы предлагается заменить металлическую футеровку на резиновую. Использование резины в качестве материала для промышленных футеровок было начато компанией «Skega AB» (Швеция) в начале 60-х годов. Полное использование всех уникальных особенностей резины, как футеровочного материала, позволяет получить существенные преимущества перед металлом, включая: меньший износ – больший срок службы, снижение расхода мелющих тел, меньший вес – меньшее давление на опорные подшипники, плотность прилегания – отсутствие протекания пульпы под футеровку и через болтовые соединения, простота установки и демонтажа без применения специальных газорезательных работ - существенное снижение трудозатрат для данных видов операций, минимальная опасность травматизма при проведении монтажных и демонтажных работ, поглощение шума ( до 50%) и вибрации. В футеровках из резины обычно применяется схема «лифтер- плита», что обусловлено характеристиками износа этого материала.

В качестве резиновой футеровки при реконструкции используются плиты, изготовленные из износостойкой резины фирмы Metso Minerals, являющейся основой футеровки. На протяжении всего процесса ее изготовления осуществляется непрерывный контроль качества. Постоянно проводимые испытания выпускаемой партии футеровки, с применением последних достижений в области полимеров, гарантируют получение компаунда с точно требуемыми параметрами. Плиты индивидуального изготовления - под внутренний диаметр обечайки барабанной шаровой мельницы МШР 36x40. Размеры плиты: длина – 1000 мм, ширина – 380 мм.

Система крепления состоит из болтов, обычных или Т-образных, зажимных блоков с металлическими закладными. Закладные крепятся к блоку химическим способом, эта система крепления разработана, а затем и усовершенствована фирмой Metso Minerals. Минимальная высота закладной детали позволяет максимально изнашивать футеровку, без угрозы повреждения системы крепления. Легкость элементов и простота крепления

---

сокращают время установки и трудозатраты при монтаже. Эти же качества облегчают замену футеровки.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Амургушева А.А., Кирпичёва Ю.В. – студенты, Горелова О.М., к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Природные энергоносители, такие как нефть, природный газ, газовый конденсат имеют важнейшее значение в развитии всех отраслей народного хозяйства. Широкая потребность в продуктах нефтепереработки в последнее десятилетие привела к интенсивному росту нефтехимической промышленности. В настоящее время остро встает вопрос о расширении ассортимента товарной продукции, улучшении ее качества и снижении энергозатрат. Для решения этих вопросов необходимо повышение эффективности проводимых процессов, путем усовершенствования существующих и создания новых схем разделения и утилизации углеводородного сырья, модернизации действующего технологического оборудования. Наряду с этим, все большую актуальность и значимость приобретают экологические аспекты производства, а именно соответствие его современным требованиям ресурсосбережения и минимизации негативного влияния на окружающую среду.

Развитие промышленного производства приводит к истощению природных ресурсов, особенно топливных – каменного угля, нефти, природного газа. Это вызывает необходимость поиска альтернативного сырья, которым зачастую могут быть отходы добычи или попутно добываемые продукты, например газовый конденсат.

Различают сырой и стабильный газовые конденсаты. Сырой - получают непосредственно в промысловых сепараторах при давлениях и температурах сепарации. Стабильный газоконденсат – продукт переработки сырого путем дегазации. В его состав входят жидкие в нормальных условиях углеводороды. Конденсаты характеризуются низкой температурой начала кипения (24 – 92 °С), свыше 90 % от массы конденсатов выкипает до 250 °С, реже до 300 °С и лишь незначительная часть выкипает при температурах выше 300 °С.

Формирование газоконденсатных систем (ГКС) в природных условиях может происходить различными путями. Конденсаты, которые образовались в результате термобарических превращений газонефтяной системы, называют вторичными в отличие от первичных ГКС, образовавшихся за счет генерации газа и нефти из углеводородных пород. Первичные ГКС – исходные, вторичные – новообразованные. Для первичных ГКС характерно отсутствие нефтяной оторочки, размещены они ниже нефтяных залежей в более жестких термобарических условиях на небольших глубинах, соответствующих нижней части зоны мезокатагенеза. Вторичные ГКС отличаются присутствием нефтяной оторочки в залежах. В бензинах, полученных на основе таких конденсатов, резко преобладают алканы, в газах - доля гомологов метана составляет 15 – 20 %.

Известные способы переработки ГКС включают в себя две стадии. Первая стадия – стабилизация конденсата на промыслах, задачей которой является подготовка конденсатов к транспортировке для последующей переработки на заводских установках. Вторая стадия - переработка подготовленного сырья на нефтеперерабатывающих заводах, с использованием нефтеперегонки и процессов глубокой переработки. Стабилизация газового конденсата позволяет довести глубину его переработки до 96 %. Кроме того, возрастает на 17–20 % выработка высокооктанового бензина и экологически чистого дизельного топлива на 5–6 %.

В настоящее время в России ежегодно добывается около 28 млн. т газовых конденсатов. Технология разделения на ректификационных установках практически не учитывает специфичность фракционного состава и физико-химических свойств ГКС и построена на принципах фракционирования нефтей, что не позволяет полностью использовать потенциал

этого сырья. Прирост добычи газового конденсата в России в перспективе будет опережать прирост добычи нефти в основном за счет разработки газоконденсатных месторождений Западной Сибири.

Совместная переработка нефтей и газовых конденсатов позволит заметно увеличить выход и регулировать качественные показатели целевых нефтепродуктов. Но при этом необходимо определять, сколько добавлять в нефть газового конденсата, чтобы получать нефтегазоконденсатную смесь с физико-химическими свойствами, соответствующими вырабатываемому ассортименту нефтепродуктов. Основные физико-химические характеристики нефти и газового конденсата, а именно, молекулярная масса, плотность, вязкость, температуры застывания и вспышки зависят от их фракционного и группового химического состава. Для рационального смешения нефти и газового конденсата наиболее важно соответствие физико-химических характеристик целевых фракций с нормируемыми свойствами товарных нефтепродуктов.

В нашей стране при переработке нефти выход моторных топлив не превышает 45 %, тогда как в США он может достигать 80 %. При промышленной переработке углеводородного сырья получают различные углеводородные фракции, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Фракции, получаемые при промышленной переработке жидкого углеводородного сырья

Фракция	Температура начала кипения, °С	Температура конца кипения, °С
1. Бензиновая (с отбором керосиновой)	28	150
2. Керосиновая	150	250
3. Дизельная (с отбором керосиновой)	250	350
4. Мазутная фракция (котельное топливо)	350	550
5. Гудрон	Более 550	
6. Бензиновая (без отбора керосиновой)	28	180
7. Дизельная (без отбора керосиновой)	180	350

Мазутная фракция в настоящее время не является востребованным продуктом, так как продукты ее сжигания значительно загрязняют атмосферу и при возрастающих темпах распространения в промышленности и в быту природного газа, спрос на котельное топливо резко снижается. Иногда мазут даже подвергают захоронению, что в свою очередь отравляет окружающую среду.

Для повышения выхода востребованных продуктов – бензина и дизельного топлива, целесообразно использовать для высококипящих фракций методы глубокой переработки нефти, а именно крекинг, каталитический риформинг и др.

Целью нашей работы является создание технологических схем:

1. совместной переработки газового конденсата и нефти с получением моторных топлив;
2. глубокой переработки нефти месторождения «Майское» с повышенным выходом бензиновой и дизельной фракций.

Объектами изучения являлись темный газовый конденсат Уренгойского месторождения и нефть месторождения «Майское» (Томская область).

---

Для оценки состава углеводородного сырья нами были проведены ректификационный анализ и разгонка по методике Энглера образцов вышеуказанных смесей. Экспериментальные исследования позволили установить фракционный состав сырья и возможный выход целевых фракций (моторных топлив) при его промышленной переработке.

Дальнейшие исследования были посвящены созданию технологических схем совместной переработки нефти и газового конденсата и глубокой переработки нефти, где основными разделительными элементами являются ректификационные колонны.

Ввиду сложности покомпонентного состава природного углеводородного сырья, нами были приняты модельные составы обеих углеводородных систем.

Следующим этапом исследований являлось экспериментальное изучение и прогнозирование с помощью групповой модели UNIFAC парожидкостного равновесия в бинарных системах, образованных компонентами модельных растворов.

Результаты экспериментальных исследований и моделирования подвергались математическому описанию с использованием уравнения локальных составов Вильсона. При этом были получены параметры бинарного взаимодействия, которые являются основой математической модели фазового пространства жидкость-пар.

Изучение закономерностей ректификационного разделения смесей проводилось в вычислительном эксперименте на основании полученной модели фазового пространства.

Результатами нашей работы являются разработанные технологические схемы и параметры работы разделительных элементов, полученные при оптимизации режима работы колонн.

При совместной переработке нефти и газового конденсата, обессоленная нефть подается отдельным потоком в первую колонну непрерывного действия, где происходит выделение бензиновой фракции. Во вторую колонну направляется газовый конденсат также для удаления бензина. Кубовые остатки обеих колонн перерабатываются в колонне периодической ректификации, где смесь разделяется на тяжелую бензиновую, дизельную, керосиновую и мазутную фракции.

Схема глубокой переработки нефти предполагает сначала разделение обессоленной нефти на установке атмосферной перегонки. Полученные высококипящие (свыше 350 °С) фракции подвергаются низкотемпературному крекингу, а полученный продукт вновь фракционируют.

Предлагаемые технологии позволят более эффективно с экономической и экологической точки зрения использовать ресурсы нефти, повысить качество продуктов, производимых на основе газового конденсата, уменьшить негативное промышленное воздействие на окружающую среду.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКОФАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА БУРОГО УГЛЯ

Денисов М.В., Калмыков М.Ю. – студенты, Горелова О.М. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время нефть является основным источником органического сырья, но ограниченность ее мировых запасов и постоянный рост стоимости добычи вследствие вовлечения в эксплуатацию более труднодоступных месторождений стимулируют работы по созданию новых процессов химической переработки альтернативного органического сырья. Каменные и бурые угли, мировые запасы которых существенно выше, чем нефти и газа, рассматриваются в перспективе в качестве основных видов сырья для производства моторных топлив и продуктов органического синтеза.

До начала XX века пиролизом и коксованием каменного угля получали большинство химических продуктов. Эти процессы основаны на нагревании углей без доступа воздуха с

целью их термической деструкции. При этом протекают две основные группы химических реакций:

1) деполимеризации органической массы угля с образованием органических молекул меньшей молекулярной массы;

2) реакции вторичных превращений образующихся продуктов (конденсации, полимеризации, ароматизации, алкилирования и другие).

Обе группы реакций протекают последовательно и параллельно. В конечном итоге в результате термохимических превращений образуются жидкие продукты (смолы пиролиза), газообразные продукты ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ , углеводороды) и твердые продукты (кокс, полукокс).

Пиролиз осуществляют в различных температурных интервалах, в зависимости от назначения получаемых продуктов. Низкотемпературный пиролиз проводится обычно при 500 - 600°C, а высокотемпературный пиролиз - при 900 - 1100°C.

Современные процессы низкотемпературного пиролиза бурых углей ориентированы преимущественно на получение синтетического жидкого топлива и полукокса. Гидрогенизацией смол пиролиза можно получать моторные топлива, однако их стоимость пока выше, чем моторных топлив из нефти.

Твердые продукты пиролиза бурого угля имеют более широкое применение в качестве обогороженного энергетического топлива, брикетированного топлива коммунально-бытового назначения, восстановителей в цветной и черной металлургии, компонентов шихты при получении металлургического кокса, а также углеродных сорбентов. Среди известных методов получения полукокса из бурого угля весьма перспективен для промышленного освоения каталитический пиролиз в кипящем слое катализатора окисления. Важнейшим преимуществом технологии каталитического пиролиза является повышение экологической чистоты, обусловленное отсутствием смолообразования, резким уменьшением содержания канцерогенных веществ в твердом продукте, уменьшением объема газовых выбросов и концентрации в них вредных веществ.

Собственные запасы бурых углей в Алтайском крае достаточно велики. Использование данного ресурса в качестве топлива ограничено его невысокой калорийностью. Организация переработки угля в более востребованные продукты, например, в моторные топлива, будет способствовать ресурсосбережению и сделать край менее зависимым от ресурсов нефти.

Целью нашей работы являлось изучение фракционного состава и свойств жидкого продукта пиролиза бурого угля.

Для этого нами было проведено изучение фракционного состава образца пироконденсата путем ректификационного анализа и разгонки по Энглеру. Результаты экспериментальных исследований представлены в виде материального баланса в таблице 1.

Для выделенных фракций было проведено определение показателя «бромное число», который показывает содержание в смеси непредельных и ароматических углеводородов.

Таблица 1 - Материальный баланс фракционирования жидкого продукта пиролиза бурого угля

Фракция	Пределы температур кипения, °С	Доля фракции от загрузки, % масс.
Бензиновая легкая	40-80	27
Бензиновая тяжелая	100-180	27
Керосиновая	180-250	13

Дизельная	250-320	16
Кубовый остаток	Более 320	7
Потери		10
Итого		100

По результатам исследований нами были сделаны следующие выводы:

1. Исследуемый продукт содержит низкокипящие углеводороды (с температурой кипения до 40 °С) до 10 % масс.
2. Суммарное содержание топливных фракций в жидком продукте пиролиза бурого угля может достигать 83 % масс.
3. Выделенные фракции характеризовались высокими «бромными числами», что говорит о значительном содержании в них непредельных и ароматических углеводородов, которые склонны к образованию полимеров, поэтому для использования в качестве топлива, необходимо полученные продукты необходимо гидрировать.

Исследования в данном направлении будут способствовать разработке маловостребованных в настоящее время природных запасов органического сырья, таких как бурый уголь, и экономическому росту регионов, имеющих эти ресурсы.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ

Макарова Т.А. – студентка, Полетаева М.А., к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Наиболее широко распространенными загрязнителями как производственных, так и поверхностных сточных вод являются нефтепродукты – неидентифицированная группа углеводородов нефти, мазута, керосина, масел и их примесей, которые вследствие высокой токсичности, принадлежат по данным ЮНЕСКО к числу десяти наиболее опасных загрязнителей окружающей среды.

Нефтепродукты могут находиться в воде в эмульгированном, растворенном и гетерогенном состоянии. Чаще всего, они образуют на поверхности воды пленку, что затрудняет газообмен между водой и атмосферой и нарушает ход естественных биохимических процессов, протекающих в водоёмах. Многие компоненты нефти и нефтепродуктов обладают высокой экотоксичностью, а также проявляют мутагенные и канцерогенные свойства, что обуславливает довольно жесткие требования к содержанию их в природных водах.

Основными источниками поступления нефтепродуктов в водные объекты являются сточные воды предприятий нефтеперерабатывающей, нефтедобывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности; нефтепродукты часто попадают в воду в результате аварий при перевозке их водным путем и в результате интенсивного судоходства, также значительная часть их сбрасывается в водоисточники с хозяйственно-бытовыми и ливневыми сточными водами.

Самые жесткие требования по содержанию нефтепродуктов предъявляются водоёмам рыбохозяйственного назначения, ПДК нефти в них составляет 0,05 мг/л. Для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения установлены ПДК на нефть многосернистую 0,1 мг/л, прочие нефти - 0,3 мг/л.



---

В настоящее время защита окружающей среды от загрязнения нефтесодержащими стоками является первостепенной задачей, решение которой требует привлечения специалистов различных отраслей промышленности. Мероприятия, направленные на очистку сточной воды от нефти способствуют рациональному использованию исчерпаемых ресурсов, сохранению продуктивности водных объектов.

В химической и нефтехимической промышленности мембранные методы применяют для разделения смесей, очистки и концентрирования растворов, очистки или выделения высокомолекулярных соединений из растворов, содержащих низкомолекулярные компоненты и т.д. Наиболее широкое применение мембранные процессы находят при обработке воды и водных растворов, очистке сточных вод.

Использование полупроницаемых мембран дает значительный экономический эффект открывает широкие возможности для создания принципиально новых, простых, неэнергоёмких и малоотходных технологических схем.

Важнейшими мембранными методами разделения являются:

1. ультрафильтрация;
2. обратный осмос;
3. электродиализ;
4. разделение газовых смесей с удалением или извлечением определенных компонентов;
5. первапорация (испарение через мембрану).

Первапорация является сложным процессом, в котором характеристики разделения сильно зависят от состава смеси. Испарение через мембрану используется, в основном, для удаления малых количеств органических из их водной смеси. Такой способ разделения перспективен для множества водных и органических низкомолекулярных смесей: азеотропных, кипящих в узком диапазоне температур, термолабильных или содержащих компоненты с близкими относительными летучестями.

Эффект очистки сточных вод методом первапорации зависит от свойств используемой полупроницаемой мембраны.

Первапорационные мембраны должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Обладать высокими селективностью, производительностью, механической прочностью;
2. Выдерживать прямой контакт с агрессивными органическими растворителями при повышенной температуре;
3. Иметь оптимальную толщину;
4. Создавать минимальное гидродинамическое сопротивление;
5. Сохранять стабильные размеры в условиях набухания.

Объектом исследований являлся модельный раствор сточных вод с концентрацией нефтепродуктов 10 мг/л. Для создания данной смеси растворяли в воде бензин марки АИ-92.

Для изучения процесса первапорации предварительно необходимо было разработать экспрессный и достоверный метод определения нефтепродуктов в воде. Нами было решено сначала экстрагировать бензин из водного раствора четыреххлористым углеродом с последующей хроматографией экстракта.

Экстракцию нефтепродуктов из раствора проводили по методике РД 52.24.476-2007. Экстрагент предварительно очищался от примесей путем прямой перегонки.

Определение содержания нефтепродуктов в экстракте проводили методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ).

Любая простейшая хроматографическая установка или хроматограф промышленного изготовления состоит из следующих основных узлов:

1. Источника газа-носителя с системой очистки, регулирования и изменения его потока через хроматографическую колонку;
2. Узла ввода пробы в колонку;

- 
3. Хроматографической колонки, заполненной сорбентом;
  4. Детектора с регистратором;
  5. Компьютера, снабженного программным обеспечением по обработке данных хроматографа.

В процессе хроматографирования в газо–жидкостной хроматографии анализируемое вещество распределяется между подвижной газообразной фазой (газ–носитель) и неподвижной жидкой фазой (сорбент). Между количествами анализируемого вещества, находящегося в газе–носителе и сорбенте, устанавливается равновесие.

Для количественного анализа получаемых на установке мембранного разделения смесей снимают хроматограммы. Они представляют собой ряд пиков на диаграмме время – напряжение. Площади пиков пропорциональны концентрациям веществ в смеси.

Газо-жидкостная хроматография обеспечивает достаточную точность и достоверность и характеризуется высокой чувствительностью: минимально определяемые концентрации нефтепродуктов составляют 0,05 мг/л для пламенно-ионизационного детектора и 1,5 мг/л для детектора по теплопроводности. Относительное стандартное отклонение ГЖХ - 5%.

При разработке методики анализа необходимо произвести выбор детектора, хроматографической фазы, подобрать расход газа-носителя и температуру нагрева колонок.

Анализ проводился на газовом хроматографическом комплексе «Хромос ГХ-1000» с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) и детектором по теплопроводности (ДТП). Газом – носителем являлся водород.

Основная трудность хроматографического анализа смеси, содержащей воду и большое количество органических соединений, обладающих разными полярностями, заключается в подборе подходящего сорбента. Сорбент для ГЖХ представляет собой мелкозернистый гранулированный носитель (твердая фаза), на который нанесен слой труднолетучего растворителя (неподвижная фаза). Выбор неподвижной жидкой фазы в ГЖХ зависит от природы разделяемых веществ.

Хорошие результаты, как правило, дают те жидкие фазы, которые по природе близки к разделяемым веществам.

В качестве сорбентов были выбраны следующие фазы:

1. CHROMATON N-AW-HMDS пропитанный 5% FFAP с добавлением SEPARON;
2. CHROMATON N-AW пропитанный SQUALAN.

Компоненты бензина удовлетворительно разделяются на обеих хроматографических фазах, но добавление SEPARON позволило отделить воду, т.е. наиболее полно разделить смесь, поэтому было решено в дальнейшем использовать только эту фазу.

При разработке методики анализа варьировали расход газа-носителя и температуру нагрева колонок. В ходе эксперимента было установлено, что оптимальный расход газа-носителя - 10 см<sup>3</sup>/мин., так как он обеспечивает наилучшее разделение пиков нефтепродуктов. При определении оптимальной температуры нагрева колонок было установлено, что при постоянной температуре колонок вещества выходят практически в одно время и их пики накладываются друг на друга. Поэтому нами было использовано программирование температуры колонок от 50 до 200 °С.

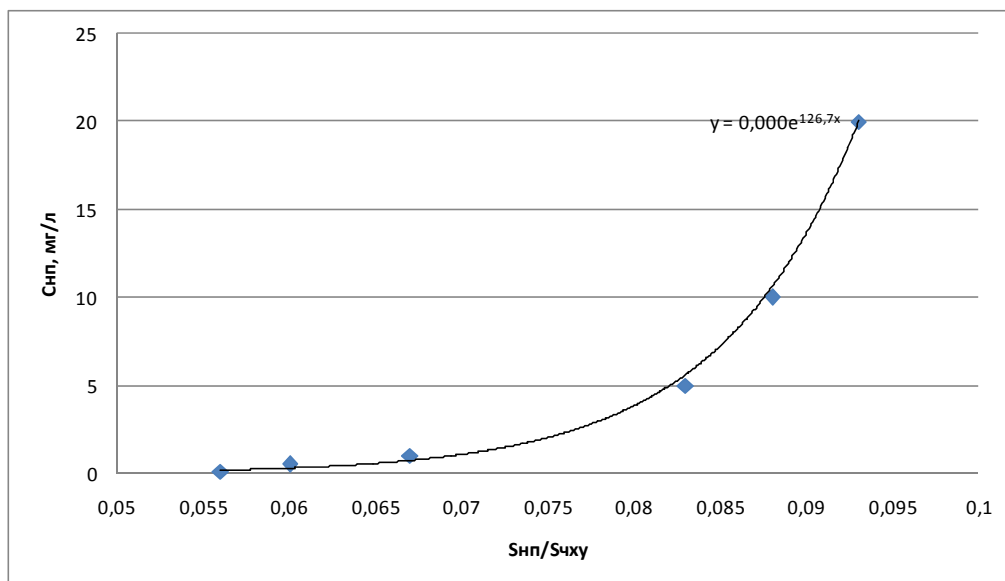


Рисунок 1- Зависимость концентрации нефтепродуктов (C<sub>нп</sub>) от отношения суммарной площади пиков компонентов бензина к площади пика четыреххлористого углерода (S<sub>нп</sub>/S<sub>чху</sub>)

Разработка методики анализа заключалась в построении калибровочного графика - зависимости концентрации нефтепродуктов от отношения суммарной площади пиков компонентов бензина к площади пика четыреххлористого углерода.

Экстракцию проводили несколько ступеней для семи образцов модельных растворов с концентрацией нефтепродуктов 20, 10; 5; 1; 0,5; 0,1; 0,05 мг/л. Во всех случаях были использованы равные количества экстрагента и водно-органических смесей, определенные гравиметрически. В результате был построен калибровочный график (рисунок 1).

Разработанная нами методика анализа позволяет быстро и достоверно определять качественный и количественный составы водно-бензиновых смесей, что способствует изучению в полном объеме закономерностей первопарационной очистки сточных вод от нефтепродуктов.

Применение первопарации для очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, будет способствовать их регенерации и повторному использованию, а также уменьшит загрязнение окружающей среды, улучшит ее качество.

## СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ

Матц И.А. – студентка, Горелова О.М., к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Газовые конденсаты, жидкие смеси высококипящих углеводородов различного строения, выделяемые из природных газов при эксплуатации газоконденсатных залежей в результате снижения пластовых давлений и температуры.

Переработка газоконденсатов позволяет получать моторные топлива, в основном бензины, для которых характерно высокое содержание легких бензиновых фракций и низкие октановые числа. Тем не менее, газолин – это побочный продукт добычи природного газа и его использование для производства моторных топлив способствует ресурсосбережению.

Улучшить эксплуатационные характеристики низкооктановых бензинов можно путем добавления абсолютированного этанола в количестве 10-15 % масс. с получением так называемого «биотоплива». Бензин, полученный из газового конденсата, является хорошей основой для получения биотоплива марки Е10.

---

Впервые этанол был использован в качестве моторного топлива в 1860 году в качестве эксперимента немецким изобретателем Николаусом Отто. Но поскольку нефти в те времена было предостаточно, то его изобретение осталось без внимания. В 2006 году объем производства всех видов этанола в мире достиг 50,2 млрд литров. На сегодняшний день самыми крупными производителями являются США и Бразилия.

Этиловый спирт может использоваться как топливо самостоятельно, но это потребует специально сконструированных двигателей. Наиболее широко распространенными являются смеси этанола с бензином, так как при добавке спирта 10-15 % в бензин, переоснащение автомобиля не потребуется, успешно будут работать бензиновые ДВС.

Для получения спиртово-бензиновых смесей этанол должен быть полностью обезвоженным, или, так называемым, «абсолютированным».

Абсолютированный спирт считается ценной добавкой к бензину, так как за счет содержания кислорода повышается октановое число. Биоэтанол является возобновляемым ресурсом, и для его производства могут использоваться различные сельскохозяйственные культуры с большим содержанием крахмала или сахара или отходы переработки сельхозпродукции. Также использование спирта в качестве топлива способствует снижению использования исчерпаемых природных ресурсов.

Быстрое воспроизводство растительного сырья делает его перспективным сырьевым источником для получения этанолосодержащего моторного топлива. Энергия, производимая топливом на основе этанола, приблизительно на 34 % больше, чем вся энергия, использованная для его производства. Использование биотоплива снижает выброс парниковых газов, а воспроизводство растительного сырья способствует связыванию диоксида углерода в биомассу. Добавка этанола в бензин удешевляет его, а выхлопные газы становятся менее вредными. Топливо из смеси бензина с этанолом уменьшает образование нагара, сохраняет двигатель чистым и обеспечивает его оптимальную работу.

Абсолютированный этанол получают методами экстрактивной и азеотропной ректификации, путем обезвоживания ректифицированного спирта на молекулярных ситах или с использованием полупроницаемых мембран.

Целью нашей работы явилось создание технологической схемы переработки газового конденсата в моторные топлива, абсолютирования этанола и производства биотоплива марки E10 – смеси, состоящий из 90% бензина и 10% абсолютированного спирта. Основным элементом технологической схемы является ректификационная установка.

В виду сложности состава газового конденсата нами был принят его модельный состав, а именно смесь пентан – гексан – бензол – нонан – тетралин – гексадекан.

Для создания вариантов ректификационного разделения нами проводилось изучение равновесие жидкость – пар для вышеуказанной многокомпонентной системы.

Исследование равновесия жидкость-пар имеет очень важное значение для моделирования технологических схем разделения смеси. Оно позволяет, прежде всего, выявить характер и степень отклонений системы от законов поведения идеальных растворов, оценить взаимовлияние компонентов. На основе фазовых равновесий в бинарных составляющих могут быть получены фазовые равновесия в любых n-компонентных системах, определен их фазовый портрет.

На первом этапе исследований были изучены основные физико-химические свойства индивидуальных компонентов разделяемой модельной смеси. Далее проводилось изучение парожидкостного равновесия в бинарных составляющих модельной смеси экспериментально и с помощью групповой модели UNIFAC. Результаты исследований подвергались математическому описанию с помощью уравнения Вильсона. Таким образом, был получен набор параметров бинарного взаимодействия, необходимый для постановки вычислительного эксперимента по ректификации.

---

Следующим этапом исследования было моделирование процесса ректификации, в котором посредством оптимизации, определялись параметры режима разделительных элементов позволяющие получить продукты заданного качества при наименьших энергетических и капитальных затратах.

Результатом наших исследований является технологическая схема производства биотоплива, состоящая из двух ректификационных колонн периодического действия. На первой колонне будет производиться разделение газового конденсата с получением прямогонного бензина и дизельной фракции.

Вторая колонна предназначена для получения абсолютированного этанола из ректифицированного спирта посредством экстрактивной ректификации. Разделяющим агентом является хлорид кальция. Технологическая схема предполагает регенерацию экстрактивного агента.

Предлагаемая нами технология позволит получать моторное топливо из попутного продукта добычи природного газа и растительного сырья, что соответствует современным требованиям ресурсосбережения.

В мире все больше говорят о необходимости замены нефти, угля и газа на биотоплива с целью сохранения природных исчерпаемых ресурсов и улучшения экологической обстановки. Добавление биоэтанола уменьшает выделение вредных примесей, сопутствующих 100% бензиновому топливу:

- содержащийся в этаноле кислород, позволяет более полно сжигать углеводороды топлива;
- 10 % содержание этанола в бензине позволяет сократить выбросы аэрозольных частиц до 50 %, выбросы CO — на 30 %;
- этанол также снижает образование вторичной пыли, уменьшает количество ароматических углеводородов в бензине, снижает токсичность выхлопа на 21%.

## ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКНИСТЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Буравлев В.О. – студент, Кондратюк Е.В. – к.т.н, доцент каф. ХТИЭ  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На сегодняшний день известно большое количество фильтровальных материалов для очистки воды. Наибольшее распространение получили зернистые загрузки, для которых имеется солидная теоретическая и практическая база знаний, позволяющая производить технологические расчеты. Одной из главных проблем при эксплуатации таких материалов является их истирание, значительное возрастание гидравлического сопротивления с уменьшением размера зерна, высокая насыпная плотность и другие особенности. Применение волокнистых загрузок нашло меньшее распространение из-за недостаточной изученности технологических параметров: гидравлического сопротивления, сорбционной или ионообменной емкостей, числа регенераций, способов применения.

Перспективной разработкой в области очистки воды может являться разработанный фильтровально-сорбционный материал – «Бентосорб». После установления сорбционной емкости материала по различным загрязнениям и проведения исследований по его регенерации, возникла необходимость установления изменения гидравлического сопротивления загрузки при эксплуатации.

Наиболее адекватной формулой для расчета гидравлического сопротивления пористого слоя материала, приводимой справочной литературе, является

$$\Delta p = \lambda \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot \omega_0^2 \cdot \rho}{8 \cdot \varepsilon^3} [1].$$
 Применительно к «Бентосорбу» определенную сложность при

вычислениях представляет собой изменение высоты загрузки ( $H_0$ ), а, следовательно, и порозности материала, в процессе работы. Известными величинами в уравнении являются

плотность воды ( $\rho$ ), ее фиктивная скорость в слое ( $\omega_0$ ) и удельная поверхность материала ( $\alpha = 67 \text{ м}^2$  вместе с порами, внешняя геометрическая поверхность несколько ниже), которая может претерпевать незначительные изменения. Необходимым является вычисление общего коэффициента сопротивления, отражающего влияние сопротивления трения и местных сопротивлений, возникающих при движении жидкости по каналам слоя. Так же для расчета потерь напора можно использовать уравнение фильтрования  $\frac{\partial V}{S \cdot \partial \tau} = \frac{\Delta p}{\mu(R_{oc} + R_{\phi.n.})}$  [2]. При

использовании материала в качестве ионита сопротивление осадка ( $R_{oc}$ ) можно не учитывать, при фильтровании железосодержащих вод возможно незначительное его увеличение за счет протекания каталитических процессов, что тоже необходимо учитывать при расчетах. Для использования первого уравнения необходимо добавить в него коэффициент осадка для учета его образования на поверхности материала и влияния на сопротивление загрузки, а так же коэффициент массы загрузки, включающий отношение базальтовое волокно : бентонит.

На первом этапе решения поставленных задач было принято решение о проведении экспериментов для определения влияния массы материала и скорости фильтрования воды на гидравлические потери в загрузке.

Для первой серии опытов были выбраны три массы материала 50/12,5, 40/10, 30/7,5 (соотношение базальтовое волокно : бентонит = 3 : 1) и скорость фильтрования 6 м/ч, для второй – те же массы, но при скорости 10 м/ч, полученные экспериментальные данные приведены на рисунке 1.

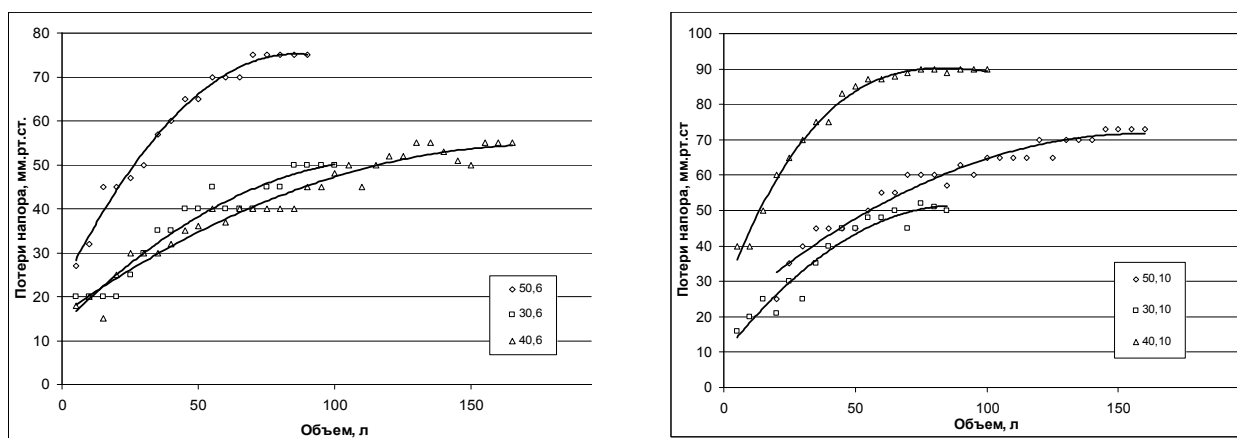


Рисунок 1 – Графические зависимости потери напора от профильтрованного объема воды (массы 30/7,5; 40/10; 50/12,5)

Анализируя полученные кривые, можно заметить, что на обоих графиках зависимости для масс 30/7,5 и 50/12,5 практически идентичны для скоростей 6 м/ч и 10 м/ч. Потери напора для массы 40/10 возрастают на 35 мм.рт.ст. с увеличением скорости на 4 м/ч, что можно объяснить различной упругостью материала при действии силы сжатия различной величины. Так же изучался эффект восстановления свойств материала после выхода его на режим установившихся потерь напора, представленные на рисунке 2.

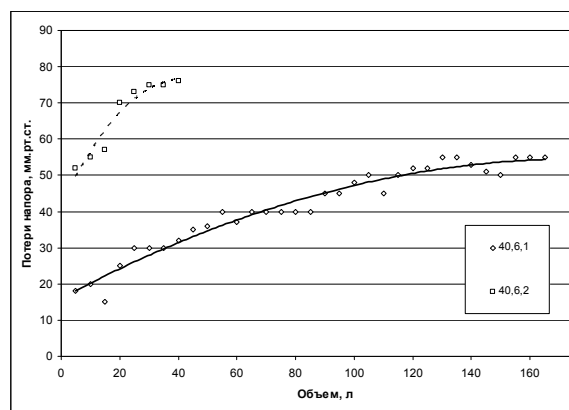
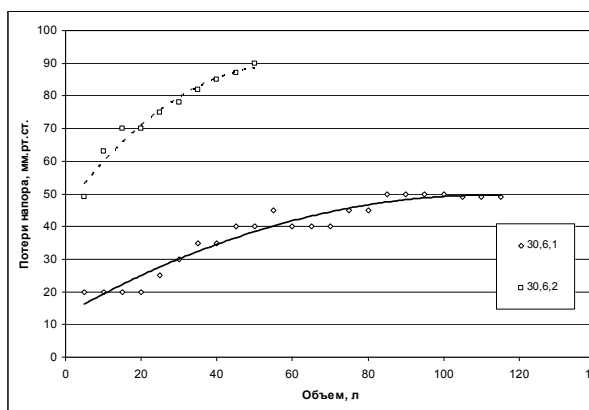


Рисунок 2 – Графические зависимости восстановления свойств материала при первом и повторном использовании (массы 30/7,5 и 40/10)

Из графиков видно, что после суточного простоя загрузки потери напора продолжают увеличиваться от предыдущего значения до нового критического значения, что важно учитывать при эксплуатации.

Проведенная серия опытов являлась предварительной и позволила определить порядок потерь напора на загрузке и некоторые особенности применения волокнистых материалов.

#### Список литературы

1. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию/ Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский, и др. Под редакцией Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб и дополн. М.: Химия, 1991. – 496 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. 12-е изд., стереотипное, доработанное. Перепечатка с девятого издания 1973 г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 753 с.

### ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ ПРОИЗВОДСТВ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ

Титова К.Ю. – студентка гр. ООС-41, Кормина Л.А. – доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Промышленность резинотехнических изделий (РТИ) является одним из наиболее значительных источников выбросов вредных веществ. Вредные выбросы данного производства отличаются разнообразием состава и агрегатного состояния: пар, аэрозоли, твердые вещества.

При изготовлении РТИ используется около 30 видов каучуков, являющихся основой резиновой смеси, свыше ста различных ингредиентов, органических добавок и растворителей. К ним относятся умягчители (газогенераторное масло, канифоль), активаторы. Использование этих веществ при производстве резинотехнических изделий приводит к содержанию в выбросах соединений углерода, серы, азота, водорода и всевозможных органических растворителей.

---

Практически все технологические операции производства резинотехнических изделий являются источниками выделения вредных веществ. Содержание пыли в выбросах зависит от применения в производстве твердых материалов (сажа, канифоль), состав газовых выбросов - от вида каучука и добавок.

Резиновые изделия изготавливаются разными способами: сваркой из отдельных деталей или полуфабрикатов с последующей вулканизацией, литьем резиновой смеси в форму, штамповкой.

При изготовлении резиновых смесей с помощью сварки заготовка деталей для сборки, а также формование заготовок осуществляется методом каландрования резиновых смесей.

Эти операции сопровождаются нагревом резиновой смеси, которая наносится на кордные ткани, при этом из нее выделяются различные газы и пыль талька.

Клеепромазка, а также склеивание деталей при сборке резиновых изделий занимают особое место в производстве резинотехнических изделий. На этой стадии используются большое количество различных растворителей для изготовления резиновых клеев, обезжиривания поверхностей. Резиновые клеи изготавливаются в специальных помещениях.

При производстве клеев и прорезинивании тканей в атмосферу выделяются пары растворителей, например, бензин, или смесь бензина и этилацетата.

Вулканизация является завершающей стадией в производстве резинотехнических изделий. Ведение процесса при значительных температурах и давлении сопровождается выделением вулканизационных газов сложного состава.

Анализ рассеивания в воздухе вредных веществ показывает, что наибольшие концентрации в воздухе жилой зоны дают выбросы растворителей, применяемых в производстве резинотехнических изделий. Поэтому необходимы мероприятия по снижению выбросов этих растворителей, так как это не только снижает ущерб, наносимый окружающей среде, но и уменьшает себестоимость производства резиновых изделий.

Мероприятия по уменьшению расхода растворителей можно проводить по двум направлениям:

- уменьшения расхода растворителей за счет перевода части изделий на безклеевый метод, замены клеев пастами, замены операции обезжиривания растворителями на операции без применения растворителей;

- очистка выбросов в атмосферу от паров растворителей на специальных установках.

Обязательным условием повышения эффективности является разработка герметичных укрытий для всех операций, которые осуществляются с применением растворителей.

Из общего количества выбрасываемых в атмосферу растворителей в настоящее время улавливается и утилизируется около 20 %. Это объясняется тем, что многие операции по изготовлению РТИ, связанные с применением растворителей, проводятся вручную на столах и настилах с такой организацией процесса, которая исключает возможность укрытия места выделения растворителей. Используемые местные отсосы улавливают не более 50 % растворителей. При этом концентрация растворителей в отсасываемом воздухе составляет от 300 до 400 мг/м<sup>3</sup>. Очистка таких выбросов не эффективна и не экономична.



---

В настоящее время только отсосы от клеепромазочных машин с усовершенствованными укрытиями могут обеспечить экономически целесообразные концентрации растворителей в отсасываемом воздухе - не более 1 мг/м<sup>3</sup>.

Образующаяся паровоздушная смесь (ПВС) от пропиточных машин должна подаваться на очистку от паров растворителей, что может осуществляться с помощью каталитического дожига, термического обезвреживания, рекуперации растворителей.

Летучие органические растворители, применяемые в производстве РТИ, представляют собой сравнительно низкокипящие органические жидкости, способные растворять без химического изменения другие органические вещества, преимущественно твердые, которые могут быть получены из растворов в неизменном виде простым испарением растворителей.

Основными показателями для растворителей являются: растворяющая способность, постоянство химического состава, стойкость, цвет, летучесть, воспламеняемость, токсичность.

Растворяющая способность присуща многим органическим соединениям: углеводородам, хлорпроизводным, спиртам, эфирам, кетонам и некоторым другим. Причины различий в растворяющей способности, свойственные тем или иным растворителям, полностью еще не выяснены.

Постоянство химического состава и стойкость растворителя представляют стабильность технологического процесса и высокое качество продукции.

Растворитель испаряется тем медленнее, чем крупнее его молекулы и ниже упругость его паров. Испарение смеси растворителей протекает обычно таким образом, что соотношение компонентов в парах и в жидкости непрерывно меняется: по мере испарения жидкость обогащается менее летучим компонентом. Растворитель из раствора испаряется медленнее, чем свободный растворитель. Органические растворители огнеопасны.

При производстве РТИ паровоздушная смесь, улавливаемая от клеепромазочных машин, содержит большое количество паров бензина «нефрас» и этилацетата.

Одним из эффективных средств, позволяющих рационально организовывать производство химической продукции, при получении которой применяются органические растворители, является рекуперация - процесс улавливания паров летучих органических растворителей из вентиляционных промышленных выбросов и возвращения их в основное производство для повторного использования. Эффективность очистки выбросов по данному методу составляет 95 - 98 %. Реализация данного мероприятия позволит снизить максимальные концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы до нормативных показателей.