

УО «Белорусский государственный технологический университет»

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский государственный концерн по нефти и химии

Государственный комитет по науке и технологиям

Национальная академия наук Беларуси

Министерство экономики Республики Беларусь

Национальное агентство инвестиций и приватизации
Республики Беларусь

Исполнительный комитет СНГ

Постоянный Комитет Союзного государства

Россотрудничество

Министерство промышленности Республики Беларусь

Белорусский государственный концерн по производству
и реализации товаров легкой промышленности

НЕФТЕХИМИЯ – 2019

МАТЕРИАЛЫ

**II Международного научно-технического
и инвестиционного форума по химическим
технологиям и нефтегазопереработке**

16–18 октября 2019 г.

Минск, Республика Беларусь

PETROCHEMISTRY – 2019

PROCEEDINGS

**II INTERNATIONAL SCIENCE, TECHNOLOGY AND INVESTMENT
FORUM ON CHEMICAL ENGINEERING AND OIL AND GAS PROCESSING**

October 16–18, 2019

Minsk, the Republic of Belarus

УДК 665.7

НЕФТЕХИМИЯ – 2019 : материалы II Междунар. науч.- техн. и инвестиц. форума по хим. технологиям и нефтегазоперераб., Минск, 16–18 сентября 2019 г. – Минск : БГТУ, 2019. – 247 с. – ISBN 978-985-530-797-7.

Сборник составлен по материалам докладов II Международного научно-технического и инвестиционного форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке «НЕФТЕХИМИЯ – 2019».

В представленных докладах отражены мировые тенденции нефтехимии, нефте- и газопереработки, вопросы, касающиеся модернизации предприятий концерна «Белнефтехим», представлены научные достижения в области технологий химических и нефтехимических производств, применения новых технологий и технических средств при эксплуатации месторождений углеводородов, разработки перспективных технологий и оборудования на основе полимерных композиционных материалов, освещены экологические проблемы химических и нефтехимических производств и пути их решения.

Сборник предназначен для работников различных отраслей экономики, научных сотрудников, специализирующихся в соответствующих областях знаний, аспирантов и студентов учреждений высшего образования.

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2019

Секция IV
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ
ПРОИЗВОДСТВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

УДК 678.065

Батурин В.В., Ващенко Ю.Н., Семенов Г.Д.
(Украинский государственный химико-технологический университет)

Долинская Р.М.
(Белорусский государственный технологический университет)

РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ РЕЗИН НА ОСНОВЕ ФТОРЭЛАСТОМЕРОВ

Вулканизированный эластомер представляет собой нерастворимый термоустойчивый материал, что делает невозможным его прямую переработку и повторное использование разнообразных резиновых изделий. Поэтому проблемы окружающей среды, вызванные накоплением изношенных шин и других резиновых изделий, стали серьезными в последние годы.

Особое место среди производства резинотехнических изделий занимают изделия из каучуков специального назначения, таких как фторэластомеры, кремнийорганические каучуки, полиакрилатные каучуки и др. Такие эластомеры, в отличие от каучуков общего назначения (например, полиизопреновых, полибутадиеновых, бутадиенстирольных и т.п.), имеют довольно высокую стоимость, превышающую порой в 5–10 раз стоимость обычных каучуков. Поэтому, отходы резин из фторкаучуков являются ценнейшим видом вторичных материальных ресурсов. Использование их является реальным резервом повышения рентабельности производства в резинотехнической отрасли и экономии дорогостоящего сырья, как эластомеров, так и ингредиентов. Эффективное использование их в составе резиновых композиций особенно важно для Украины, где отсутствуют производства по синтезу каучуков и многих компонентов резиновых смесей.

Развитие теоретических и практических основ переработки отходов резин в регенерат, его модификация приобретает особое значение в связи с ростом производства РТИ, повышением требований к существующим технологиям регенерации, к их интенсификации при высокой экономической эффективности и одновременном снижении материальных ресурсов, энергоёмкости и экологической безопасности.

Авторами проведен цикл работ по совершенствованию технологии получения регенерата из отходов резин на основе фторкаучуков и создания эластомерных композитов с их использованием.

Предложено использовать термомеханохимическую модификация отходов резин из фторэластомеров, которая заключается в видоизменении агрегатного состояния вулканизата в межвалковом пространстве под воздействием температуры, сдвиговых деформаций и модификации, и, в конечном счете, превращении их в регенератную композицию (пластикат). Такой модифицированный регенерат (МР) является по своей структуре композицией, обладающей комплексом улучшенных свойств исходных материалов.

Объектами исследований являлись технологически неизбежные отходы производства из резин на основе фторкаучуков СКФ-26 и СКФ-32 с углеродными и минеральными наполнителями, полученные с помощью аминных вулканизирующих систем. В качестве модифицирующих добавок изучен ряд фторсодержащих олигомеров.

Проведенные исследования позволили выбрать технологические параметры проведения процесса регенерации отходов фторрезин, которые обеспечивают возможность использования модифицированных регенератов в составе эластомерных композиций для изготовления формовых РТИ.

Улучшение свойств МР и резин с его содержанием связано, вероятно, с изменением и гомогенизацией структуры МР, формированием комплекса поперечных связей разных типов и их количественным соотношением, а также гетерогенным характером образующихся вулканизационных структур.

Производственные и эксплуатационные испытания показали существенные преимущества модифицированного термопластиката по сравнению с тонкоизмельченным вулканизатом и немодифицированным регенератом.

УДК 549:(553.32+544.47)

Болотов В.А.

(Санкт-Петербургский горный университет)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОРБЕНТА
НА ОСНОВЕ МАРГАНЦЕВОЙ РУДЫ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ОТХОДОВ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В настоящее время особое внимание уделяется экологической обстановке вблизи промышленных производств, в частности металлур-

гических, химических, нефтеперерабатывающих, горных и т.д. Производится оценка загрязнений воздуха, воды и почвы. Основными выбросами в атмосферный воздух черной и цветной металлургии являются сероводород, триоксиды и диоксид серы. Одним из наиболее эффективных способов по очистке газов от серосодержащих компонентов является сорбция на твердых материалах. Основными сорбентами для очистки газов являются цеолиты, активные угли и материалы на основе железомарганцевых руд.

Использование марганцевой руды позволяет проводить очистку газов от серосодержащих компонентов, а металлы, имеющиеся в составе руды дают возможность прогнозировать каталитическое воздействие на процесс очистки.

В работе исследованы свойства марганцевой руды для возможности ее использования как перспективного сорбента для очистки газов от сероводорода и меркаптанов. Проведены анализы для определения фазового и элементного состава руды, удельной поверхности и дериватограмма.

Материалы и методы

В работе изучена «рыхлая» Улу-Телякская марганцевая руда, которая представлена на рисунке 1.

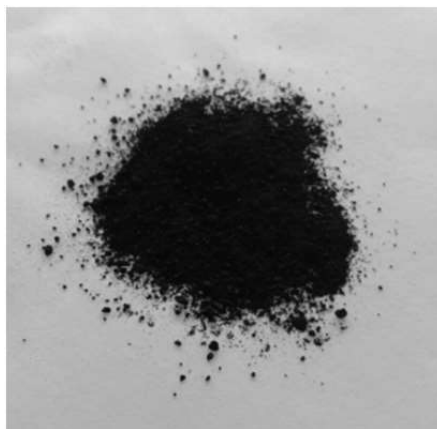


Рисунок 1 – Улу-Телякская марганцевая руда

Для получения данных по фазовому составу и удельной поверхности использовалась высушенная до постоянного веса при температуре 600°C (1 час) и истертая в порошок марганцевая руда навесками 31,45 мг для фазового состава, 0,11 г и 0,1109 г для удельной поверхности. Анализ по фазовому составу проводился на рентгеновском дифрактометре ShimadzuXRD-7000, определение удельной поверхности проводилось на автоматическом анализаторе удельной поверхности и размеров пор Nova 1000e.

Для получения дериватограммы марганцевая руда предварительно истиралась в порошок. Анализировали навеску руды массой 0,3 г на синхронном термоанализаторе SDT Q600.

Сорбционную способность руды определяли в статических условиях при температуре 298 К с использованием газовой смеси ГСО составом $\text{H}_2\text{S} + \text{CH}_3\text{SH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{SH} + \text{He}$ с концентрацией ppm 125 + 134 + 149 + ост. соответственно. Поглощение рудой сероводорода, метил- и этил меркаптанов проводили в емкости 200 мл. Отбирали навески руды от 0,01 г до 0,05 г. Смесь газов вносили в стеклянный термостойкий высушенный сосуд объемом с резиновой пробкой в объеме от 1 до 200 мл, предварительно откачав из сосуда соответствующий объем воздуха объему вносимой газовой смеси. Концентрацию сероводорода и меркаптанов в равновесной смеси определяли с использованием газового хроматографа Thermo Trace GC Ultra с помощью соотношения площадей пиков. За исходные значения приняты площади пиков ГСО.

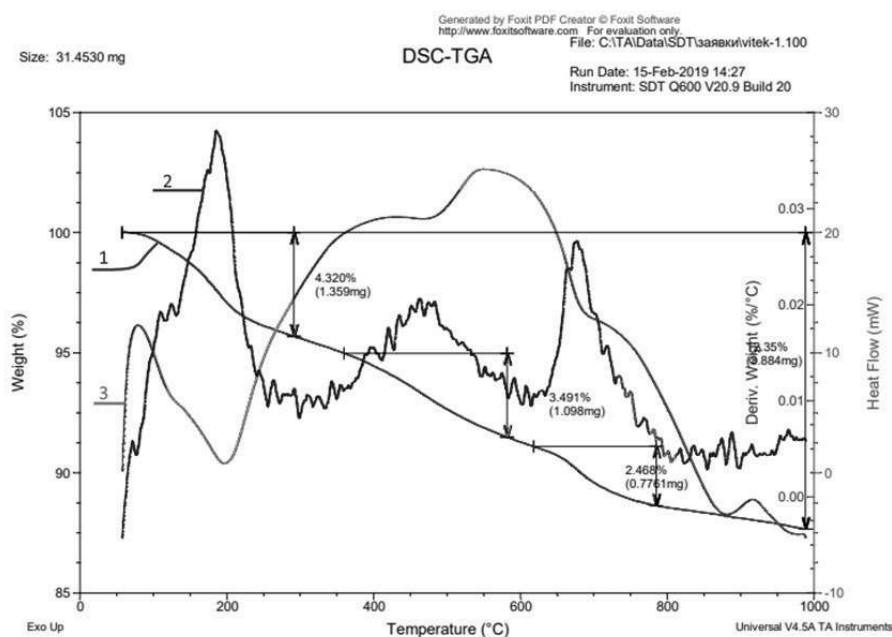


Рисунок 2 – Дериватограмма марганцевой руды

Результаты и обсуждения

Исходная масса руды составила 31.4530 мг. В процессе проведения анализа потеря веса от исходного составила 12,35% (3,884 мг).

Кривая – 1 характеризует непрерывную потерю массы при прокаливании с повышением температуры 20°C в минуту до 1000°C.

Кривая – 2 является производной веса по градусу, из которой видно, что идет потеря массы. Первый пик характеризует удаление фи-

зической воды при 200°C. Второй – всевозможная дегидротация гидратов, гидроксидов марганца и железа, а последний пик характеризует выход внутрипорной воды.

Красная кривая характеризует потерю тепла. Пезкое уменьшение в области 200 °С характеризует поглощение тепла, которое происходит из-за испарения воды.

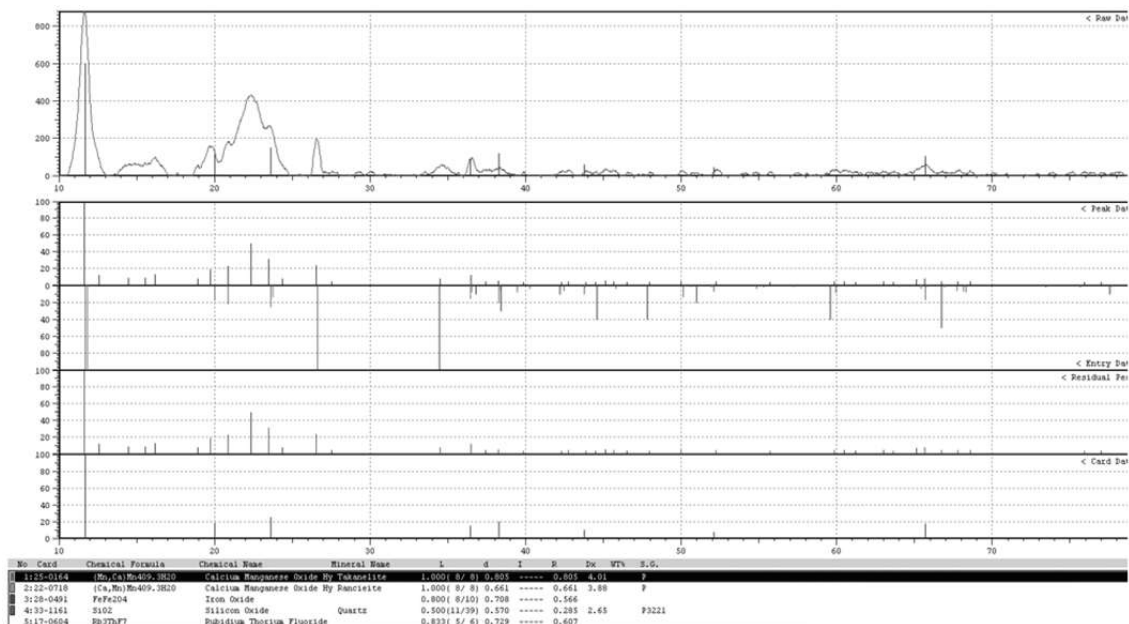


Рисунок 3 – Фазовый состав железомарганцевой руды

На рисунке 3 приведены результаты исследования руды на фазовый состав. Можно смело утверждать, что рудная проба включает следующие основные соединения: $(Mn,Ca)Mn_4O_9 \cdot 3H_2O$, Fe_2O_4 , SiO_2 и Rb_3ThF_7 .

По результатам элементного состава получены следующие данные по содержанию элементов руде (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав руды

| Вещество | Результат, % |
|--------------------------------|--------------|
| MnO | 48.2399 |
| SiO ₂ | 24.5715 |
| Al ₂ O ₃ | 8.6104 |
| Fe ₂ O ₃ | 7.5027 |
| CaO | 7.0846 |
| MgO | 1.8784 |
| K ₂ O | 1.5367 |
| Na ₂ O | 0.2009 |
| SO ₃ | 0.0696 |

Окончание таблицы 1

| Вещество | Результат, % |
|-------------------------------|--------------|
| P ₂ O ₅ | 0.0659 |
| SrO | 0.0607 |
| BaO | 0.0460 |
| V ₂ O ₅ | 0.0370 |
| Cl | 0.0304 |
| ZnO | 0.0281 |
| NiO | 0.0241 |
| SnO ₂ | 0.0131 |

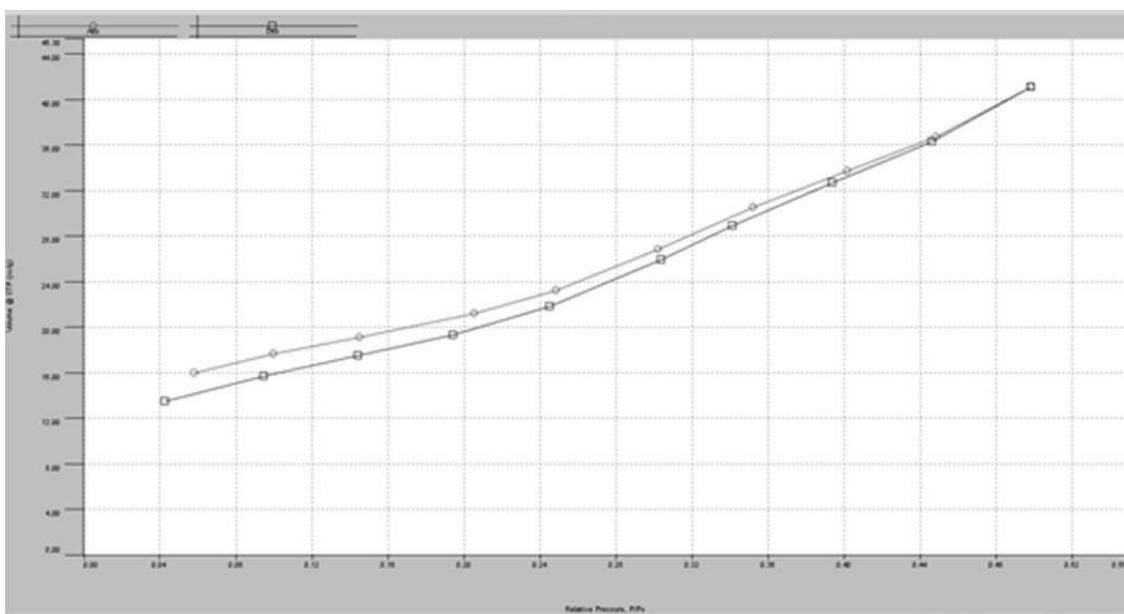


Рисунок 4 – Изотермы адсорбции и десорбции для образца 1

В результате исследований удельной поверхности железомарганцевой руды бы ли получены изотермы адсорбции и десорбции тип VI для образца 1 (рисунок 4). На изотерме можно заметить важную особенность. Видно, что 39% азота адсорбировалось в микропоры уже при очень низком относительном давлении.

После математической обработки полученных данных БЭТ методом был получен график БЭТ для образца 1 (рисунок 5).

В обработке результатов были использованы многоточечный БЭТ метод и была получена удельная площадь поверхности, равная 94,568 м²/г.

Измерение удельная площадь поверхности было выполнено повторно, показав высокую сходимость результатов.

Определяя изменение концентрации сероводорода и меркаптанов в процессе сорбции можно заметить на рисунках 6,7 и 8, что железомарганцевая руда адсорбировала весь объем серосодержащих газов.

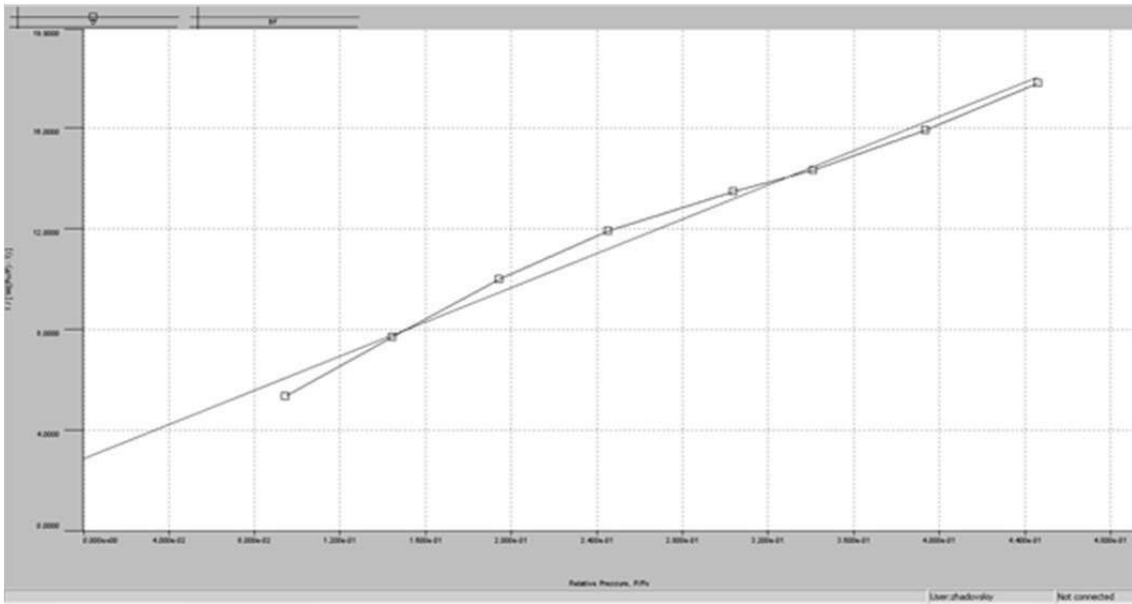


Рисунок 5 – График БЭТ для образца 1

В таблице 2 представлены данные по исследованию сорбционных характеристик марганцевой руды.

| Навеска руды, г | Объем газа в сосуде 200 мл, мл | $C^0(\text{H}_2\text{S})$, ppm | $C^0(\text{CH}_3\text{SH})$, ppm | $C^0(\text{C}_2\text{H}_5\text{SH})$, ppm | $C^\infty(\text{H}_2\text{S})$, ppm | $C^\infty(\text{CH}_3\text{SH})$, ppm | $C^\infty(\text{C}_2\text{H}_5\text{SH})$, ppm |
|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|--|---|
| 0,01 | 100 | 125 | 134 | 149 | 0 | 0 | 0 |
| 0,01 | 200 | 125 | 134 | 149 | 0 | 0 | 0 |
| 0,03 | 100 | 125 | 134 | 149 | 0 | 0 | 0 |

Заключение

В работе исследованы свойства марганцевой руды для возможности ее использования как перспективного сорбента для очистки газов от сероводорода и меркаптанов.

В результате работы были получены данные по фазовому составу и удельной поверхности железомарганцевой руды, а также была получена ее дериватограмма. Была исследована сорбционная способность руды в статических условиях при комнатной температуре. Железомарганцевая руда адсорбировала весь объем серосодержащих газов.

Проанализировав полученные результаты можно утверждать, что использование железомарганцевой руды позволяет проводить очистку газов от серосодержащих компонентов.

**Медяк Г.В., Соловьев С.А.,
Шункевич А.А, Поликарпов А.П.**
(Институт физико-органической химии НАН Беларуси)

ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ВОДЫ С ВОЛОКНИСТЫМИ ОРГАНОПОГЛОТИТЕЛЯМИ

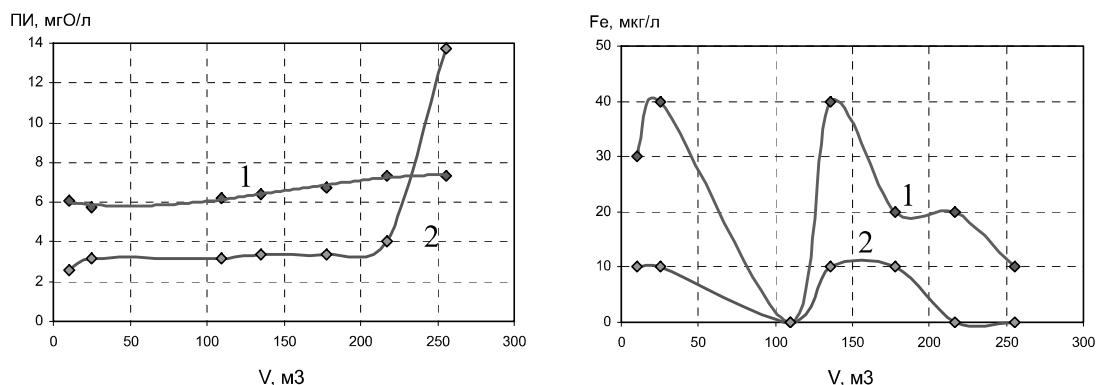
Установка с волокнистыми органопоглотителями была разработана в ИФОХ НАН Беларуси с целью очистки воды от ионогенных органических примесей [1]. В рамках ГНТП «Энергетика-2015» такая установка была изготовлена и смонтирована на Брестской ТЭЦ. По независящим от ИФОХ причинам ввод в эксплуатацию автоматизированной очистной установки (АОУ) был отложен до 2019 года. Целью настоящей работы была проверка работоспособности АОУ и ее подготовка к запуску в эксплуатацию.

Установка состоит из блока механической очистки AZUD HELIX 210/6FX AA, сорбционного блока, блока регенерации и станции дозирования кислоты для корректировки pH промывной воды. Сорбционный блок состоит из двух секций ионообменных фильтров (ИО), по 4 фильтра в каждой секции. ИО представляет собой картридж из специально синтезированного волокнистого материала ФИБАН А-5W с высотой сорбционного слоя 8÷9 см. Номинальная производительность одного ИО по воде составляет 5 м³/ч. Секции ИО работают попеременно, одна – в режиме сорбции, вторая – в режиме регенерации или ожидания, затем режимы меняются, что обеспечивает непрерывный процесс работы. Общая производительность очистной установки – до 20 м³/ч.

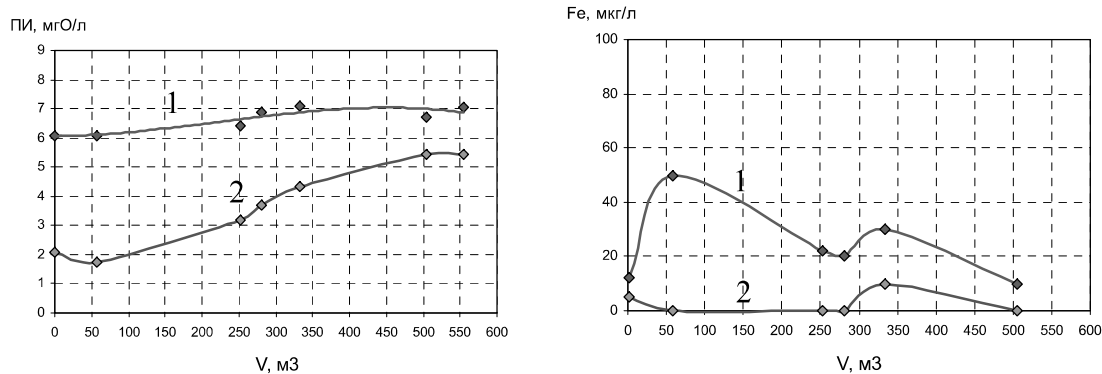
Испытания на Брестской ТЭЦ в 2015 – 2016 гг. показали, что АОУ очищает 350÷400 м³ воды с перманганатной окисляемостью (ПО) 8÷9 мгО/л до значений 3,5÷4,5 мгО/л. Определено, что сорбционная емкость секции ионообменных фильтров составляет 1400÷1600 г О по ионогенным органическим веществам. Установлено, что сорбционные свойства картриджей после проведения процесса регенерации полностью восстанавливаются после 5 циклов сорбции – регенерации. При этом, качество очистки сохраняется при снижении скорости подачи воды до 10 м³/ч и повышении ее величины до 29 м³/ч.

В результате обследования ионообменных блоков после 35 месяцев простоя и проведения регенерации раствором 2% NaOH + 10% NaCl установлено, что обе линии АОУ сохранили способность очищать воду от органических веществ, несмотря на отсутствие консервации.

После регенерации ионообменных фильтров линии №1 очищено 209 м³ воды с ПИ 5,8÷7,4 до величин 2,6÷4,0 мгО/л. Сорбционная емкость линии № 1 составила 690 г О, что в 2,2 раза меньше исходной (рис. 1).



а



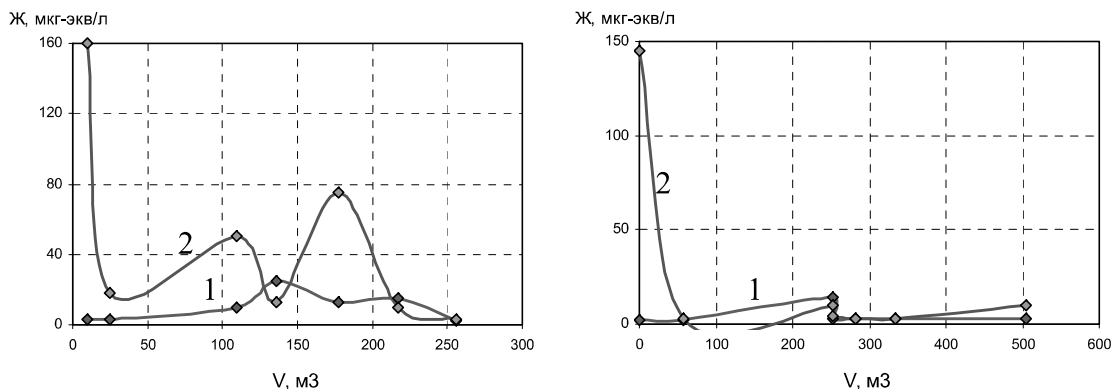
б

ПИ – перманганатная окисляемость, Fe – содержание ионов железа,
V – объем фильтрованной воды на входе (1) и выходе (2) из установки

Рисунок 1 – Результаты испытаний линий № 1 (А) и № 2 (Б) АОУ

Кроме того, через 10 минут фильтрования (~2 м³ воды) выявлено значительные величины общей жесткости (до 800 мкг-экв/л), превышающие допустимые для подачи на установку обратного осмоса (≤180 мкг-экв/л). Также в процессе фильтрации отмечены периодические скачки значений жесткости воды до 50–75 мкг-экв/л (рис. 2). Картриджи с такими материалами подлежали замене.

Анализ волокнистого анионита ФИБАН А-5 из демонтированных картриджей линии № 1 показал, что обменная емкость волокна по аминогруппам уменьшилась на 9%, а содержание карбоксильных групп увеличилось в 2,2 раза. На ИК спектрах образцов ФИБАН А-5W из линии № 1, полученных на ИК-Фурье спектрометре Nicolet iS50, наблюдалось уменьшение пика –C≡N групп при $\nu = 2242 \text{ см}^{-1}$ и уширение пика карбоксильных групп в области $\nu = 1700 \text{ см}^{-1}$.



Ж – жесткость воды на входе (1) и выходе (2) из установки

Рисунок 2 – Результаты испытаний линии № 1 (А) и № 2 (Б) АОУ

После замены картриджей линии № 1 очищено 320 м³ воды с ПИ 6,1÷7,4 до 2,1÷4,2 мгО/л. Сорбционная емкость ионообменных фильтров линии № 1 составила 1248 г О. Время работы линии № 1 до регенерации при производительности 20 м³/ч равно 16 ч., что соответствует их исходной производительности.

После регенерации фильтров линии № 2 очищено 333 м³ воды с ПИ 6,1÷7,1 до 1,8÷4,3 мгО/л. Сорбционная емкость линии № 2 составила 1165 г О, что в 1,3 раза меньше исходной. Обнаружено также однократное увеличение значения жесткости до 145 мкг-экв/л в первые 5 минут (0,9 м³ воды) после запуска линии № 2 в работу. В этом случае требования к воде, подаваемой на установку обратного осмоса, соблюдены, и поэтому линия № 2 может работать в составе АОУ при условии более частой регенерации.

Проверка работоспособности АОУ после 35 месяцев простоя выявила проблемы в сорбционном блоке, заключающиеся в изменении свойств сорбционного материала картриджей, вызванного частичным гидролизом ионообменных материалов в щелочной среде, а также проблемы в блоке предварительной очистки воды и в автоматической системе управления. В ходе проведенных работ установлены причины неполадок и разработаны пути их решения.

Литература

1. Новая технология очистки природных вод от органических примесей / Г.В. Медяк, А.П. Поликарпов, С.А. Соловьев, А.А. Шункевич, В.В. Пансевич // Водные ресурсы и климат: материалы V Международного водного форума, Минск, 5-6 октября 2017 г.: в 2-х ч. / Минск: изд. УО «БГТУ», 2017. – Ч.2. – С. 120–125.

**Мытько Д.Ю., Мисюля Д.И.,
Гребенчук П.С.**

(Белорусский государственный технологический университет)

ПРОХОДИМОСТЬ ГАЗА В ЦИКЛОНЕ С РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫМ КОНТУРОМ

На сегодняшний день вопросы, связанные с очисткой газа от пыли очень актуальны. По мнению американских экологов, количество пыли, образующейся в промышленности, будет увеличиваться ежегодно на 4% за счет роста промышленного производства, что приведет к серьезному загрязнению окружающей атмосферы и негативному влиянию на здоровье людей. Таким образом, очистка промышленных выбросов с отходящими газами представляет одну из самых актуальных задач как в санитарном, так и в технологическом и экономическом отношениях [1].

Эффективным методом решения данной проблемы является установка газоочистного оборудования и его модернизация. Ранее [2] рассматривались способы повышения эффективности очистки газа от пыли. За основу данных исследований был взят циклон СЦН-40-300 с рециркуляционным контуром.

Рециркуляция в циклоне осуществляется следующим образом. Часть очищенного газового потока в выхлопной трубе, с наибольшим содержанием неуловленных мелких частиц поступает в кольцевой зазор между выхлопной трубой циклона и выхлопной трубой улитки, откуда он направляется по рециркуляционной трубе обратно в трубу Вентури и далее на повторное улавливание (рисунок). Для увеличения интенсивности циркуляции служит труба Вентури. Подача мелкой неуловленной фракции частиц обратно в циклон повышает концентрацию частиц в циклоне, вероятность их столкновения и образования агломератов. Это позволит повысить эффективность очистки газа от наиболее трудноотделяемых тонкодисперсных частиц.

Целью исследования было добиться результата проходимости газа через рециркуляционный контур. С помощью программного пакета ANSYS FLUENT смоделирован циклон СЦН-40-300 с рециркуляционным контуром. Для симуляции движения газа в циклоне выбираем следующую модель:

- Reynolds Stress (7 eqn);
- Quadratic Pressure-Strain.

Модель Рейнольдсовых [3] напряжений имеет англоязычную аббревиатуру "RSM" (Reynolds Stress Model) и является одной из самых

сложных моделей турбулентности, представленной в коммерческих пакетах CFD. Эта модель не использует предположение об изотропности турбулентной вязкости, а для замыкания уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу, решает уравнения переноса для Рейнольдсовых напряжений совместно с уравнением для скорости турбулентной диссипации ε .

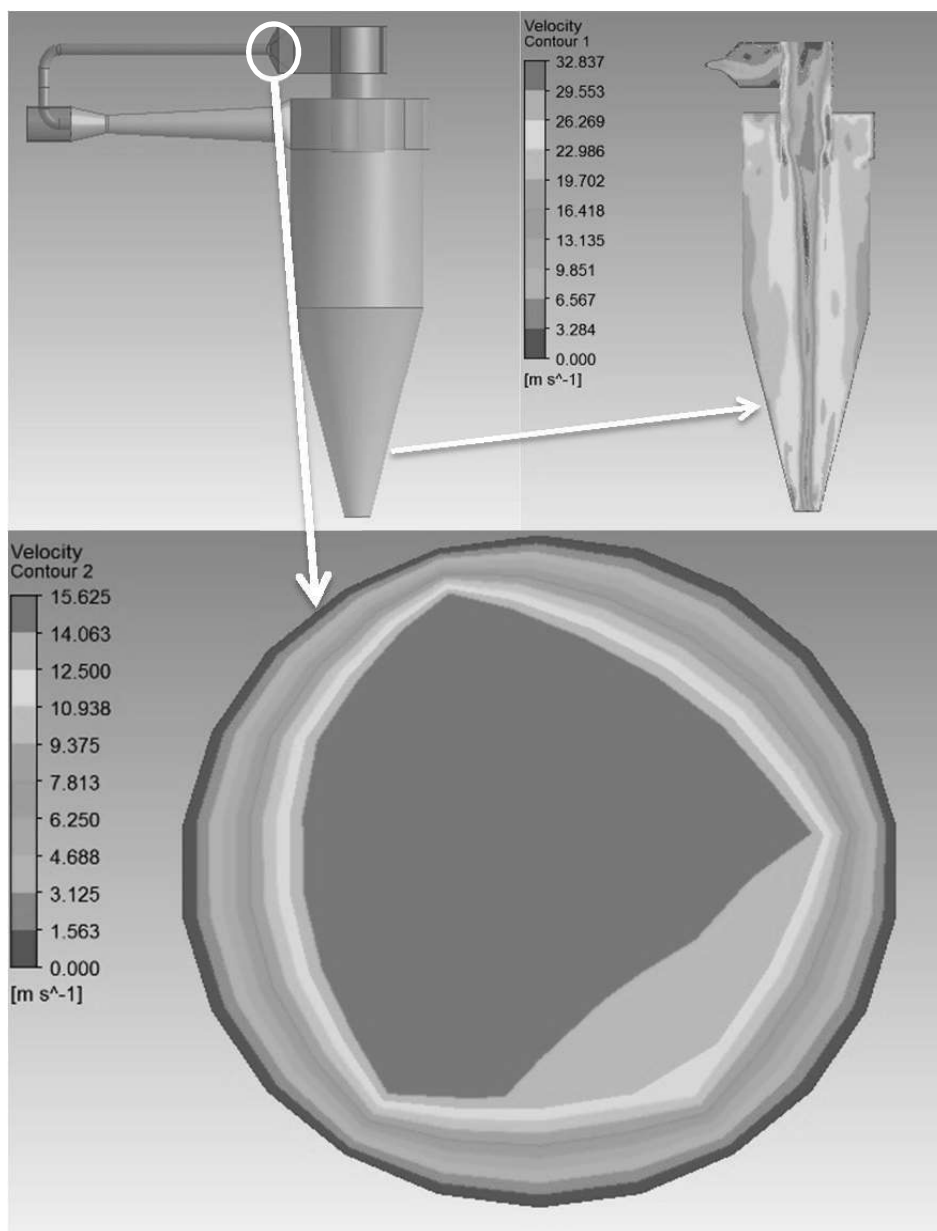


Рисунок – Результаты моделирования циклона СЦН-40-300 с рециркуляционным контуром

Так как модель RSM описывает эффекты кривизны [4], закрученности, вращения, резкого изменения напряжений между слоями более строго, чем одно- и двух- параметрические модели турбулентности, то

она имеет большой потенциал для более точного расчета сложных потоков. Однако RSM модель все-таки имеет некоторые упрощения, которые были приняты для составления уравнений переноса Рейнольдсовых напряжений. Использование этой модели турбулентности рекомендуется в случаях, когда анизотропность турбулентного потока оказывает доминирующее влияние на характер турбулентного течения (циклоны, сильно закрученные потоки в камерах сгорания, вращающиеся области, вторичные течения в каналах, вызванные большими нормальными напряжениями и т.д.).

На рисунке представлены результаты моделирования скорости движения газового потока в циклоне и на входе в рециркуляционный контур.

По результатам моделирования можно увидеть, что газ поступает в рециркуляционный контур с максимальной скоростью 15,625 м/с, которая постепенно снижается к стенкам.

Расход циркулирующего газа составил 0,0075 м³/с, что составляет 6,69 % от общего расхода газа в циклоне (0,112 м³/с). Таким образом, гидравлическое сопротивление аппарата с введением рециркуляционного контура возрастет незначительно. Это же подтверждается предыдущими исследованиями [2].

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что газ вместе с тонкодисперсными частицами поступает в рециркуляционный контур. Таким образом, проходимость газа в рециркуляционном контуре достигнута.

Циклоны с рециркуляционным контуром могут быть использованы в химической, нефтехимической, строительной и других отраслях, где необходимо очищать воздух от пыли с повышенной концентрацией тонкодисперсных частиц.

Литература

1. Циклоны [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elib.spbstu.ru>. Дата доступа: 18.04.2019.
2. Д.И. Мисюля, ст. науч. сотрудник, канд. техн. наук, доцент; В.В. Кузьмин, доцент, канд. техн. наук; Д.Ю. Мытько, магистрант (БГТУ, г. Минск) Повышение эффективности очистки газов в циклонах с помощью частичной рециркуляции потока. УДК 621.928.37+621.928.93 Минск, 2018 г. – Мн.: БГТУ, 2018.
3. Daly B.J., Harlow F.H. Transport equations in turbulence // *Physics of Fluids*. – 1970. – Vol. 13. – P. 2634–2649.
4. Lien F.S., Leschziner M.A. Assessment of turbulent transport models including non-linear RNG eddy-viscosity formulation and second-moment closure // *Computers and Fluids*. – 1994. – Vol. 23, № 8. – P. 983–1004.

**Тимофеев А.А.¹, Радюк А.Н.², Шаповалов В.М.¹,
Буркин А.Н.², Зотов С.В.¹**

(¹Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси,

²Витебский государственный технологический университет)

ОТХОДЫ ПОЛИУРЕТАНОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕЦИКЛИНГА

Проблемы, связанные с накоплением трудно утилизируемых отходов пластиков, в последнее время являются предметом изучения не только экологов, но и материаловедов. Один из важных сегментов отходов полимеров – вторичные полиуретаны (ПУ). С одной стороны, они являются дорогостоящими импортными материалами, возвращение которых в производственный цикл является желательным по экономическим соображениям. С другой стороны, ПУ в процессе первичной переработки и эксплуатации претерпевают физико-химические изменения, компенсация которых – важная материаловедческая и технологическая задача.

Цель настоящей работы – обрисовать основные проблемы и перспективы целевого рециклинга полиуретанов.

Полиуретаны в промышленности. Анализ тенденций развития мирового рынка полимеров показывает, что потребление ПУ будет расти на 4,8 % ежегодно и, по прогнозам, составит к 2022 году 74 млрд. долл. [1]. Структура мирового потребления ПУ по сферам применения практически не меняется: на первом месте находится мебельная промышленность – около 5,6 млн. т., далее следуют строительство (4,6 млн. т.), транспортостроение (2,8 млн. т.), 1,7 млн. т. приходится на электронику и электротехнику, 1,3 млн. т. – на обувную промышленность, остальные сферы составляют примерно 2,8 млн. т. [2]. В Республике Беларусь основными секторами применения ПУ являются строительство и дизайн (утепляющие и шумоизолирующие элементы различных строительных конструкций), легкая промышленность (бытовые товары, обивочные материалы, элементы одежды и обуви), автомобильная промышленность (обивка салонов) и другие отрасли. Однако нигде не достигается 100%-ного преобразования материальных ресурсов в необходимую продукцию. В зависимости от специфики производства, назначения конечной продукции, мощности оборудования и т.п., на предприятии обувной промышленности в год образуется от 10 до 25 тонн отходов ПУ, при том что в Республике Беларусь таких предприятий более 10.

При производстве полиуретанового низа обуви существенной проблемой является образование выпрессовок, литников и бракованных подошв. Иногда практикуется использование вторичных ПУ для малоответственных изделий. Основные осложнения:

- наличие во вторичных ПУ пор, затрудняющих переработку;
- формирование в структуре вторичных ПУ продуктов термooкислительной и трибохимической деструкции, в значительной степени ухудшающих реологические свойства;
- наличие естественного предела повторной технологической переработки ПУ.

Все это диктует актуальность поиска новых рецептурно-технологических решений. Перспективным представляется введение целевых модифицирующих добавок, которые могли бы и компенсировать ухудшение свойств вторичного ПУ, и придать композициям новые характеристики, обеспечивающие возможность изготовления из них конкурентоспособных изделий.

Пористые материалы для обуви. Выполнена адаптация рецептур композиций на основе вторичных ПУ (отходов обувной промышленности) к получению пористых (вспененных) материалов для деталей низа обуви (облегченных подошв). Установлена необходимость грануляции для устранения остаточной нерегулярной пористости ПУ (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Свойства композиционных материалов

| Показатель | Значение |
|---|----------|
| ^А Относительное удлинение при растяжении, % | 256 |
| ^А Разрушающее напряжение при растяжении, МПа | 8,3 |
| ^А Модуль упругости при растяжении, МПа | 21,3 |
| Твердость по Шору А, усл.ед. (ГОСТ 263-75) | 80–85 |
| Плотность, г/см ³ (ГОСТ 267-73) | 0,7–1,0 |
| Толщина, мм (ГОСТ 11358-89) | 6,0–6,5 |
| ^Б Условная прочность, МПа | 5,3–5,7 |
| ^Б Относительное удлинение при разрыве, % | 250–265 |
| ^Б Остаточное удлинение после разрыва, % | 16–20 |
| Сопротивление истиранию, Дж/мм ³ (ГОСТ 426-77) | 4,8–5,2 |
| А – физико-механические характеристики определяли на измерительном комплексе «INSTRON 5567» по ГОСТ 11262-80, Б – упруго-прочностные характеристики – по ГОСТ 270-75 | |

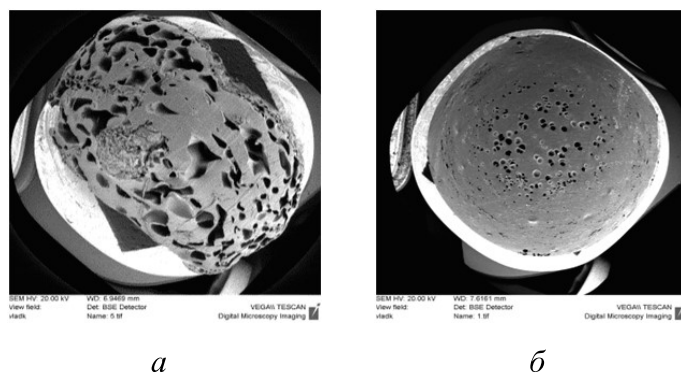


Рисунок 1 – Поры во вторичном ПУ (а) и в отливке из гранулята (б)

Определены оптимальные рецептурные составы гранулированной композиции, содержащей смесь вторичных ПУ, пластификатор (масло вазелиновое в смеси со стеаратом кальция), пигмент (углерод технический) и модифицирующий компонент – концентрат вспенивающих добавок с температурой разложения агента-порообразователя не ниже 180 °С. Полиуретановый компонент в условиях литья под давлением обеспечивает формирование эластичной полимерной матрицы, сохраняющей основные свойства исходных ПУ обувного назначения. «Носителем» вспенивающих добавок выступает расплав вторичного полиэтилена, улучшающий условия течения вязко-текучей композиции (малое содержание полиэтилена нивелирует его низкую термодинамическую совместимость с ПУ). Агенты-порообразователи равномерно распределяются в объеме композита, а в условиях литья под давлением в бункере термопласт-автомата инфильтруются в микрообъемы полимерной матрицы. Масло вазелиновое реализует функцию пластификации полимерной матрицы (т.е. участвует в регулировании течения расплава). Стеарат кальция реализует функцию твердой смазки, а также повышает устойчивость вторичных полимеров к термоокислению.

Разработанные рецептуры позволяют в некоторой степени преодолеть сложности, связанные с низким уровнем свойств вторичных ПУ, за счет обеспечения комплексного целевого действия введенных в композицию функциональных добавок. Физико-механические и эксплуатационные свойства отливок, содержащих вторично переработанный ПУ, имеют показатели выше нормируемых значений, приведенных в ГОСТ 10124-76 для материалов, применяемых в обувном производстве. Достигнута плотность пористых подошв 0,7 г/см³, снижена себестоимость деталей обуви на 10–15 %, а также показано, что значительные объемы дорогостоящего ПУ могут быть возвращены в производственный цикл [3].

Упрочненные материалы для обуви. Ряд изготавливаемых из ПУ элементов обуви (набойки, каблуки, «профилактика», вкладыш) должен демонстрировать прочность, твердость и износостойкость. По результатам лабораторных исследований перспективными компонентами для введения во вторичный ПУ признаны:

– волокнистые системы (полипропиленовый knob, арселон, стекловолокно, базальтовое волокно), обеспечивающие эффект армирования полимерной матрицы;

– ультрадисперсные системы с высокой поверхностной энергией частиц (кварц, аэросил, наноглины, шлифпыль), интенсифицирующие межфазные взаимодействия в микрообъемах композиции;

– химически активные олигомеры, инициирующие взаимодействие вторичного ПУ с другими полимерами, что позволит получить смесевые полимерные композиции.

Заключение. Проблема утилизации отходов ПУ может быть решена путем научно обоснованного целевого рециклинга, предполагающего применение технологических и модифицирующих добавок. Практическая реализация этой идеи явится вкладом как в повышение эффективности производств по получению полимерных изделий, так и в экологию и охрану окружающей среды.

Литература

1. Мировой рынок полиуретана составит \$74 млрд к 2022 году [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://mplast.by/novosti/2016-02-22-mirovoy-ryinok-poliuretana-sostavit-74-mlrd-k-2022-godu/>.

Дата доступа: 21.08.2019.

2. Полиуретан – вечно молодой и востребованный в свои 80 лет / Р.Б. Палыга // Полимерные материалы, 2018, № 2 [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://polymerbranch.com/366f0bc7bd1d4bf414073cabbadfdcd/284418c94849e63d5d8098a7160df6fc/magazineclause.pdf>. Дата доступа: 21.08.2019.

3. Перспективные материалы для деталей низа обуви / В.М. Шаповалов [и др.] // Тезисы докладов Международной научной конференции «Полимерные композиты и трибология» (ПОЛИКОМТРИБ-2017), Гомель (Беларусь), 27–30 июня 2017 г. – С. 106.

4. Тимофеевко, А.А. Композиционные материалы на основе отходов полиуретанов / А.А. Тимофеевко, А.Н. Радюк // Тезисы докладов Международной научной конференции «Полимерные композиты и трибология» (ПОЛИКОМТРИБ-2019), Гомель (Беларусь), 25–28 июня 2019 г. – С. 120.

Хуснутдинов С.И., Шенк Й.
(MontanUniversity Leoben, Austria)

Хуснутдинов С.И., Бажин В.Ю., Дубовиков О.А.
(Санкт-Петербургский горный университет)

**Сафиулина А.Г., Заббаров Р.Р., Гаффаров А.И., Алексеева А.А.,
Хуснутдинов И.Ш.**
(Казанский Национальный исследовательский университет)

ПЕРЕРАБОТКА ВЫСОКОУСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ МЕТОДОМ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Существует ряд процессов, при проведении которых образуются высокоустойчивые водо – углеводородные эмульсии – нефтешламы, промежуточные слои УКПН, шламы очистки и разложения смазочно-охлаждающей жидкости, эмульсии тяжелой пиролизной смолы (ТПС). И традиционные методы на некоторых видах высоко устойчивых эмульсиях не работают. И не позволяют снизить количество воды ниже 10–20%. Дополнительной проблемой переработки-утилизации данных продуктов является большое содержание механических примесей и в сумме с мелко диспергированными глобулами воды образуются высокоустойчивые системы, невозможные для разрушения классическими методами [1].

В следствие, различные ВНЭ десятилетиями накапливаются на территориях заводах или продаются за бесценок. Учитывая, что ежегодно в Российской Федерации образуется около 1 млн. тонн нефтесодержащих отходов и повышаются экологические требования. Проблема утилизации отходов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, маслосодержащих отходов и нефтешламов стоит очень остро. К тому же данные виды отходов, при рациональной переработке можно рассматривать как техногенное сырье, переработка которого экономически эффективна [2].

Возможным вариантом обезвоживания вышеперечисленных отходов являются способы, основанные на испарении водной фазы из данных эмульсий. Серьёзной проблемой переработки водонефтяных эмульсиях является коалесценция капель воды при повышенных температурах, их дальнейшее оседание и выпадение в виде водной фазы. При накоплении критической массы воды на поверхности нагрева процесс кипения дестабилизируется: перегрев глобул воды приводит к перебросу эмульсии, что делает практически невозможным сам процесс обезвоживания сырья. Есть различные технологии, основанные на испарении воды. Примером данного варианта обезвоживания яв-

латься установка переработки шламов до испарением воды в колонне находящаяся г.Карабаш Татарстан но, в данной установки существует ограничение по количеству воды, не более 1 % иначе переброс. Существуют патенты, основанные на распыле сырья, но в этих технологиях существуют ограничения по содержанию мех примесей, так же в данной технологии для осуществления распыла приходится поддерживать высокое давление, вследствие чего нагрев происходит до высоких температур, и данная технология не гарантирует полное обезвоживание за 1 проход и остаётся риск переброса. Есть технологии, основанные на испарении на тонкой пленке, но у данных аппаратов не высокая производительность.

Для решения выше поставленной проблемы был предложен термомеханический метод обезвоживания жидких нефтяных отходов. Сущность метода заключается в испарении водной фазы в условиях механического воздействия, что препятствует коалесценции капель воды, накоплению их на поверхности нагрева [3].

В частности, для многих видов эмульсий характерно образование высокоустойчивых коллоидных систем, что препятствует их переработке. Это связано с тем, что в системе находятся больше количество механических примесей и продуктов бактериального заражения.

Одним из таких продуктов является суммарный отход Цеха № 5 металлургического предприятия. Для решения данной проблемы предлагается проводить обезвоживание отходов стадии очистки цеха №5, разделенных по технологическим стадиям (стадия отстаивания, стадия флотации, стадия магнитной сепарации). Данный подход позволяет получить обезвоженные продукты, имеющие неустойчивую коллоидную структуру, легко разрушаемую в процессе отделения механических примесей.

Литература

1.Магид А.Б., Купцов А.В., Расветалов В.А. // Мир нефтепродуктов. 2003. №4. С.24-26.

2.A.G. Safiulina, R.R. Zabbarov, S.I. Khusnutdinov, A.A. Alekseeva, I.Sh. Khusnutdinov and S.M. Petrov thermomechanical dehydration of highly-stable dispersions Of liquid pyrolysis products Chemistry and Technology of Fuels and Oils, Vol. 54, July, 2018 (Russian Original No. 3, May – June, 2018).

3.Немченко А.Г., Гапуткина К.А., Блехер Я.С. Обезвреживание и переработка нефтяных шламов. М.: ЦНИИТЭнефтехим. 1974. 73с.

4.Пальгунов П.П. Утилизация промышленных отходов. М.: Стройиздат. 1990. 352 с.

Черкасова Т.Г., Черкасова Е.В., Тихомирова А.В.
(Кузбасский государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева)

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКИХ, РАССЕЯННЫХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ЗОЛ И ШЛАКОВ КУЗНЕЦКИХ УГЛЕЙ

В Кузбассе ежегодно добывается свыше 14 млн. тонн угля, в связи с этим проблема переработки и утилизации отходов углеобогащения стоит особенно остро.

Экологическая напряженность и массовое отчуждение земель создаются в результате хранения твердых продуктов сжигания углей на обширных площадях. Твердые золошлаковые частицы разносятся вследствие ветровой эрозии на большие расстояния и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Золы и шлаки, образующиеся после сжигания Кузнецких углей, содержат большое количество минеральных компонентов – соединений железа, алюминия, хрома, никеля, марганца, стронция, ванадия, галлия, циркония, а также промышленно значимые концентрации редкоземельных элементов (РЗЭ). Таким образом, золошлаковые материалы (ЗШМ) представляют собой ценное сырье для дальнейшей переработки [1, 2].

В работе предложена схема обогащения ЗШМ методом пенной флотоэкстракции с целью получения концентратов соединений металлов.

На первом этапе партии шлаков (крупные куски) измельчали до крупности – 0,2 мм на планетарной микромельнице FRITSCH pulverisette 7. Образцы зол для дальнейшей переработки использовались без дополнительного измельчения.

Элементный анализ золы уноса проводился методом оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре iCAP 6500 DUO по стандартной методике. Результаты анализа представлены в табл. 1.

Высокое содержание оксидов алюминия и кремния позволяет широко использовать золошлаковые отходы в производстве строительных материалов [3].

После проведения магнитной сепарации измельченных фракций золы с использованием неодимового магнита остается большое количество магнитной фракции. Из общей массы навески золы уноса

Кемеровской ГРЭС – 28,91 г, доля магнитной фракции составила около 85% (24,49 г).

Таблица 1– Образец угольной золы (зола уноса Кемеровской ГРЭС)

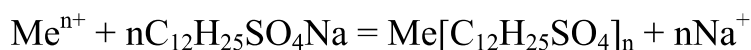
| Название | Содержание, % | Название | Содержание, % |
|--------------------------------|---------------|----------|----------------------|
| SiO ₂ | 63,5±0,1 | Sr | 1,1·10 ⁻¹ |
| TiO ₂ | 0,64±0,03 | Zr | 2,3·10 ⁻⁴ |
| Al ₂ O ₃ | 23,5±0,1 | Nb | 7·10 ⁻⁴ |
| Fe ₂ O ₃ | 3,3±0,6 | Ga | 9·10 ⁻⁴ |
| MnO | 0,018±0,001 | Y | 1,4·10 ⁻³ |
| CaO | 5,3±0,3 | Mo | 8,7·10 ⁻⁴ |
| MgO | 0,86±0,08 | Au | 1,2·10 ⁻⁴ |
| Na ₂ O | 0,97±0,06 | Ag | – |
| K ₂ O | 1,1±0,1 | Eu | 6,8·10 ⁻⁵ |
| P ₂ O ₅ | 0,29±0,06 | La | 1,9·10 ⁻³ |
| Ba | 0,28±0,06 | Pr | 7·10 ⁻⁴ |
| | | Sm | 1,5·10 ⁻⁴ |
| | | V | 5,3·10 ⁻³ |

Полученный железный концентрат имеет значительно более низкую стоимость по сравнению с полученным из руды и является товарным продуктом для нужд металлургической, химической и других отраслей промышленности.

Для дальнейшего обогащения была использована ионная флотоэкстракция для извлечения редких, рассеянных и РЗЭ различными типами ПАВ из зол и измельченных шлаков после их магнитной сепарации.

Флотацию проводили в лабораторной флотомашине ФЛ-240 в течение 5, 10, 15 минут. В качестве органической фазы использовался изооктиловый спирт (2-этилгексанол технический C₈H₁₈O), в качестве ПАВ и реагента-собирателя – додецилсульфат натрия (C₁₂H₂₅SO₄Na), так как он является наиболее ионоселективным [4].

Флотоэкстракцию осуществляли при pH 7,5-8,5 и соотношении органической и водной фаз 1:20-1:40 по реакции:



В растворе катионы металлов образуют с додецилсульфатом натрия прочные гидроксокомплексы, которые вследствие гидрофобности алкильных радикалов переходят в органическую фазу – изооктиловый спирт.

После обработки пенные продукты собирали, высушивали и прокаливали при температуре 1000 °С в течение двух часов до получения концентратов, содержащих оксиды редких, рассеянных и редкоземельных металлов, пригодных для дальнейшей переработки (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание редких, рассеянных редкоземельных элементов в концентратах

| Название | Содержание элементов в концентрате, %/г/т |
|--------------|---|
| Sr | $2,7 \cdot 10^{-1}/2700$ |
| Zr | $1 \cdot 10^{-1}/100$ |
| Nb | $9 \cdot 10^{-3}/90$ |
| Ga | $5 \cdot 10^{-3}/50$ |
| Mo | $3 \cdot 10^{-2}/300$ |
| V | $2 \cdot 10^{-1}/2000$ |
| Σ РЗЭ | $8,5 \cdot 10^{-2}/850$ |

Рассматривая золошлаки Кузбасса как ценное сырье для их комплексной переработки, необходимо разрабатывать и совершенствовать технологии извлечения, в частности, дорогостоящих РЗЭ, что существенно повысит рентабельность угольной отрасли за счет получения как редких металлов, так и функциональных материалов на их основе. Кроме того, сложная экологическая обстановка в Кемеровской области, перегруженной отходами угледобывающих предприятий, делает особенно актуальной проблему глубокой переработки сырья с целью улучшения качества жизни населения региона [5].

Литература

1. Салихов В.А. Геолого-экономическая и экономическая (стоимостная) оценка цветных и редких металлов, содержащихся в углях и золошлаковых отходах углей / В. А. Салихов // Вестник Томского государственного университета. Экономика – 2014. – № 1 (25). – С. 123–138.
2. Гамов, М.И. Металлы в углях: учеб.пособие / М.И. Гамов, Н.В. Грановская, С.В. Левченко – Ростов- на-Дону: ЮФУ, 2012. – 45 с.
3. Ларионова Н.А. Возможности и перспективы использования золошлаковых отходов для производства строительных материалов / Н.А. Ларионова, С.Д. Воронкевич // Вестн. Белгород. ГТУ. – 2005. – №10. – С. 145–148.
4. Джевага Н.В. Термодинамическое описание извлечения и разделения редкоземельных элементов методами ионной флотации и экстракции в виде додецилсульфатов дис. канд. хим. наук. / Н.В. Джевага. – Санкт-Петербург, 2012. – 161 с.
5. Cherkasova T.G. Rare and Rare-Earth Metals in Coal Processing Waste / T.G. Cherkasova, E.V. Cherkasova, Tikhomirova A.V., Bobrovnikova A.A., Gorynova I.P. // E3S Web of Conferences, 2017. 21. 02005: IInd Innovative Mining Symposium (Devoted to Russian Federation Year of Environment).

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ**

Обострение и глобализация экологических проблем (загрязнение и разрушение элементов окружающей среды, нехватка ресурсов и др.) представляют угрозу основе жизни и возможностям развития. Это связано также и с тем, что одним из основных элементов экономической деятельности является добыча, переработка, транспортировка и использование нефти и газа. Международные организации МАВ (Man and the Biosphere) и УСЕР (The UNESCO Cousteau Ecotechnie Programme) отмечают, что одна из проблем в анализируемой области связана с планированием краткосрочных экономических выгод без должного учета потерь, обусловленных необходимостью решения экологических задач в отдаленной перспективе, а также с проектированием и эксплуатацией химико-технологических производств (ХТП) [1].

В общем плане разработка (синтез) ХТП, отвечающих требованиям установленных стандартов по охране окружающей среды, сопровождается необходимостью учета очень многих условий и требований и осуществляется нередко эвристическим методом. Для оптимизации структуры ХТП необходимо формализовать высказывания с учетом условий присутствия или отсутствия каждого технологического оператора и каждого материального потока. Эти условия должны учитывать также зависимости операторов и потоков не только друг от друга, но и от заданных значений показателей качества выпускаемой продукции, рыночных цен на ресурсы, степени наукоемкости проектируемого производства, возможных штрафных санкций за нарушение требований установленных экологических стандартов. Таким образом, речь идет о «соединении» технологии, экономики и экологии [2].

С другой стороны, оперативное управление экологической обстановкой в зоне территориальных химико-технологических комплексов сильно затруднено из-за автономности материальных потоков и различной ведомственной подчиненности предприятий, расположенных на данной территории, а также (часто) из-за узкой квалификационной специализации руководящих кадров этих предприятий, замкнутости их на ведомственные, как правило, коммерческие интересы. В этих обстоятельствах трудно рассчитывать на согласованные оперативные и оптимальные действия дежурного инженерного персонала разных

предприятий в условиях отклонения технологических ситуаций от номинального режима. Трудно ориентироваться и ответственному должностному лицу, принимающему персональные решения, в большом объеме разрозненной и часто противоречивой информации, поступающей по телефону или в устной форме от подчиненных. В связи с этим неопределимую помощь в подготовке соответствующего персонала могут оказать обучающие и/или контролируемые компьютерные программные средства, моделирующие и анализирующие всевозможные ситуации.

В основе системы обучения и повышения квалификации специалистов, связанных с химическими технологиями и/или природоохранной деятельностью, наряду с формированием мировоззрения должно лежать также управляемое формирование у обучаемого целостной ориентировки в восприятии информации, целях и условиях выбора и исполнения профессиональной деятельности. Одним из эффективных решений задачи является создание и использование компьютерных программных средств, в максимальной степени соответствующих и требованиям коммерческих, и требованиям образовательных продуктов [3, 4].

Мы исходим из того, что создание и использование компьютерных программных средств для анализа и синтеза ХТП, выполняемых на основе системного подхода и с учетом требований экологической безопасности, с одной стороны, и для подготовки и повышения квалификации специалистов в области промышленной экологии – с другой, следует отнести к числу важнейших в области разработки и внедрения инновационных технологий в теорию и практику реализации политики охраны окружающей среды и экологической безопасности населения в соответствии с международными стандартами и нормами.

Информационные технологии, основанные на использовании программных и инструментальных средств визуализации и динамизации процессов, значительно повысили эффективность использования моделей. Мультимедиа, 3D-изображения, графический интерфейс лежат в основе большого числа программных средств, разработанных и используемых в БГТУ для решения задач в области экологии и в экологическом образовании.

Например, с целью формализации процедуры принятия решения о требуемом количестве источников информации для описания загрязнения территории культурно-промышленного комплекса с заданной точностью, а также для вычисления координат их рационального размещения предлагается рассматривать некоторую замкнутую область S , задаваемую массивом пар смежных точек границы области $M = [(x_i, y_i)]$, $i = 1, n$. Область S может представлять собой, например, контур карты

города, что позволяет визуально соотносить участки области S с местоположением конкретных транспортных магистралей, промышленных или культурных объектов на территории города. На начальном этапе создания методики необходимо располагать математическими моделями загрязнения территории города рассматриваемыми веществами $Z_j = f(F_1, F_2, \dots, F_k)$, которые имитировали бы процесс измерения качества воздуха в приземном слое атмосферы в любой заданной точке области S . Для получения модели необходимо построить информационную сеть, в узлах которой нужно поместить данные многолетних наблюдений в зависимости от календарного времени, погодных условий, ветрового режима и других факторов F_1, F_2, \dots, F_k .

В основу разработанных и используемых в БГТУ и ряде ВУЗов Беларуси и других стран СНГ средств положены: принципы построения компьютерной экспертной системы оценки воздействия промышленного объекта на окружающую среду [5]; методический подход, основанный на автоматическом формировании систем дизъюнктивных линейных неравенств и уравнений по формализации задачи, связывающих технологические операторы и материальные потоки с требованиями к системе [3]; методы нейросетевого моделирования (применяемые также в другой области исследования [6]), теория проективных геометрий и полей Галуа, что позволяет получать ортогональные таблицы и трансформировать их в информационные сети с любым числом факторов, варьируемых на любом числе уровней.

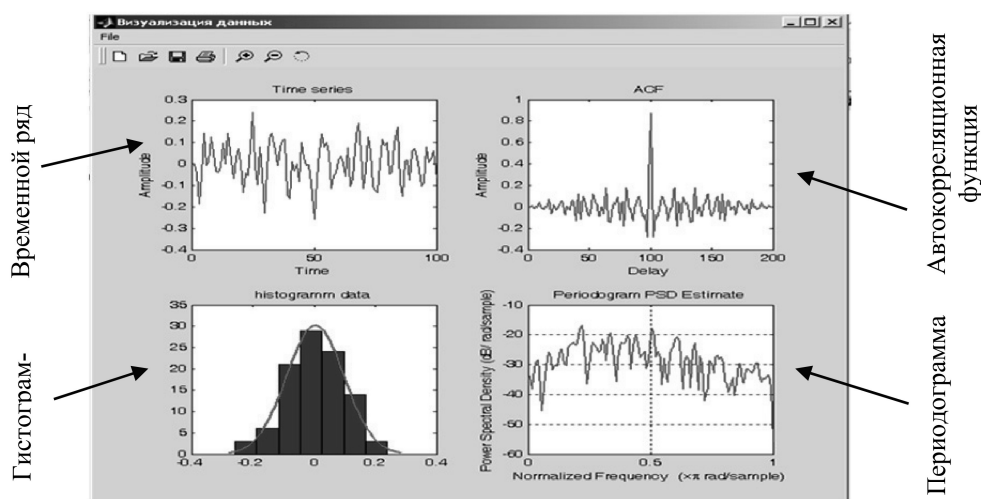


Рисунок 1 – Диалоговое окно программного модуля «Prognoz»

Созданные программные средства охватывают весь диапазон вопросов, принимаемых во внимание при решении проблемы охраны окружающей среды от вредных выбросов предприятий: проектирова-

ние экологически безопасных предприятий – их эксплуатация и импактный экологический мониторинг территории – оценка загрязнения территории (поиск и наказание виновных).

Понятно, что важнейшим блоком реализованных алгоритмов является анализ данных, в том числе, основанный на технологии data mining [7]. Для примера на рис. 1 представлен пример диалогового окна модуля «Prognoz» с визуализацией результатов экспресс-анализа данных прогноза временных рядов (используются нормированные исходные данные). Нормировка осуществляется, как показано в следующем примере.

Пусть задан некоторый временной ряд на интервале времени 60 суток с дискретностью наблюдения параметра 12 часов. Количество дискретных отсчетов равно 120. По графикам можно дать предварительное заключение о наличии тренда и периодичности в исходном временном ряде.

Литература

1. USEP and MAB// www.unesco.org/mab/usep/usepmab.html.
2. Brakovich A. Mathematical foundations of complex desirability function for evaluation of the product quality in the relationship with anthropogenic impacts on the environment / Andrei Brakovich , Vitaliy Kolesnikov , Pavel Urbanovich // IAPGOŚ. – 2012. – 4a. – P. 36–38.
3. Колесников, В. Л. Компьютерное моделирование и оптимизация химико-технологических систем: учеб. пос. для студ. вузов / В.Л. Колесников, И.М.Жарский, П.П.Урбанович. – Минск : БГТУ, 2004. – 533 с.
4. Колесников, В. Л. Компьютерное моделирование в химической технологии. Курсовое и дипломное проектирование: уч. пособие для студентов вузов / В. Л. Колесников, И. М. Жарский, П. П. Урбанович. – Минск : БГТУ, 2008. – 333 с.
5. Урбанович, П. П. Принципы построения компьютерной экспертной системы оценки воздействия промышленного объекта на окружающую среду / П. П. Урбанович, В. Н. Марцуль, И. Г. Сухорукова // Труды Белорусского государственного технологического университета. Вып. VIII. Физ.-мат. науки и информатика. – Минск : БГТУ. – 2000. – С.139–145.
6. Плонковски, М. Криптографическое преобразование информации на основе нейросетевых технологий / М. Плонковски, П. П. Урбанович // Труды БГТУ. Серия VI. Физико-математические науки и информатика. – Минск : БГТУ. – 2005. – Вып. XIII. – С.161-164.
7. Kolesnikov, V. L. Data mining for industrial facilities / V.L. Kolesnikov, P.P. Urbanovich, A.I. Brakovich // 8th International Conference “New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation” – NEET’2013, Zakopane, Poland, June 18 – 21, 2013. – P. 145.