

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКИЙ СИМПОЗИУМ «УГЛЕКИСЛОТНАЯ ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ КУЗБАССА»



2017  
ГОД ЭКОЛОГИИ  
В РОССИИ

## СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ



Симпозиум проводится при поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований

Спонсоры Симпозиума

# MERCK

Официальный спонсор



**16 - 18 октября 2017 г., Кемерово**

Кемерово, 16-18 октября 2017 года

Институт углехимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН  
г. Кемерово, Россия

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН  
г. Кемерово, Россия

РГП "Институт проблем горения"  
г. Алматы, Казахстан

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКИЙ СИМПОЗИУМ  
«УГЛЕХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ КУЗБАССА»**

16 - 18 октября 2017 г., Кемерово

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Кемерово 2017

УДК 662.7

ББК Л 52-1

У 43

У 43      **Углекимия и экология Кузбасса:** Международный Российско-Казахстанский Симпозиум: сб. тез. докл. 16-18 октября 2017 г. Кемерово / ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН. – Кемерово: ФИЦ УУХ СО РАН, 2017. - 96 стр. ISBN 978-5-902305-49-1

В надзаг.:

Институт углекимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово, Россия  
Федеральный исследовательский центр угля и углекимии СО РАН, г. Кемерово, Россия  
РГП "Институт проблем горения", г. Алматы, Казахстан

В сборнике представлены тезисы докладов ученых академических, отраслевых институтов, вузов по результатам исследований в области углекимии, экологии и химического материаловедения.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов, студентов вузов.

УДК 662.7

ББК Л 52-1

### ***Глубокоуважаемые коллеги!***

Симпозиум «Углекими́я и экология Кузбасса» год за годом позволяет ведущим ученым, специалистам научно-исследовательских институтов, вузов и промышленных предприятий России и зарубежья встречаться для обсуждения новейших достижений в областях углекими́и и решения экологических проблем.

Симпозиум проводится Федеральным исследовательским центром угля и углекими́и СО РАН при поддержке Администрации Кемеровской области, Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Научного совета по химии ископаемого и возобновляемого углеродсодержащего сырья РАН, Института проблем горения (Алматы), Кемеровского государственного университета, Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева, АО «Западно-Сибирский испытательный центр», ООО «Эконовохим».

Развитие научного сотрудничества в рамках симпозиума нашло своё отражение в получении нового статуса – начиная с 2014 года, он становится российско-казахстанским. Значимость этого научного форума оценена Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ), который поддержал симпозиум грантом.

Официальным спонсором Симпозиума является компания MERCK.

Спонсор Симпозиума – Группа компаний Торгово-Сервисный Центр «ХромоСиб».

Энергетическая стратегия России на период до 2030 года среди приоритетных направлений научно-технического прогресса выделяет развитие производства продуктов глубокой переработки угля, комплексного использования сопутствующих ресурсов и отходов переработки угля. Особую важность имеет стимулирование и создание условий для внедрения экологически чистых энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий при производстве, транспортировке, хранении и использовании топливно-энергетических ресурсов; все эти мероприятия согласуются с «Комплексом мер по развитию углекими́ческой промышленности и увеличению объемов производства продуктов углекими́и», утвержденного заместителем Председателя Правительства РФ А.В. Дворковичем № 5327п-П9 от 20 августа 2014 г.

Итогом исполнения этого документа стало создание в 2015 году Федерального исследовательского центра угля и углекими́и СО РАН и проведение 25 по 27 января 2016 года в Кемерово Всероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития углекими́и в России: наука, технологии и производства».

Конференция проводилась по инициативе Министерства энергетики РФ, Федерального исследовательского центра угля и углекими́и СО РАН, ФАНО России, Российской академии наук при поддержке Администрации Кемеровской области. В ней принимали участие более 130 специалистов, ученых и представителей бизнеса из Кемеровской области, Новосибирска, Красноярска, Иркутска, Омска, Екатеринбурга, Москвы, Электростали, Алтайского края, Республики Якутия.

Работа Конференции началась с пленарных докладов, где выступили: А.Б. Яновский, заместитель Министра энергетики РФ, А.М. Медведев, заместитель руководителя Федерального агентства научных организаций (ФАНО), А.Л. Асеев, вице-президент РАН, председатель Сибирского отделения Российской академии наук, А.Э. Конторович, научный руководитель Федерального исследовательского центра угля и углекими́и СО РАН, З.Р. Исмагилов, директор Института углекими́и и

химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН, Г.Л. Краснянский, Председатель Совета директоров компании «Каракан Инвест», И.И. Мохначук, Председатель Российского независимого профсоюза работников угольной промышленности.

По итогам этого масштабного мероприятия были подготовлены Решения конференции, подписанные Заместителем Министра энергетики Российской Федерации А.Б. Яновским, где приоритетными были приняты следующие процессы и технологии углекислоты:

- ✓ оптимизированные процессы первичной термической переработки угля и коксохимии, в том числе технологии получения производных каменноугольной смолы – ксиленолов и производство на их основе огнестойких синтетических турбинных масел типа ОМТИ;
- ✓ обоснованные методы вовлечения углей новых месторождений для производства металлургического кокса; энергосберегающие и экологически чистые технологии переработки каменноугольной смолы и пека;
- ✓ создание новых процессов тонкого органического синтеза из компонентов каменноугольной смолы, редких (ценных) ароматических соединений и производства лекарственных препаратов на базе Научно-технической долины МГУ им. М.В. Ломоносова, ФИЦ УУХ СО РАН, институтов РАН;
- ✓ технология сверхдиабатической газификации угля и твердых отходов по методу ИПХФ РАН (Черноголовка) и прямоточновихревой газификации тонкодисперсной водоугольной суспензии по методу ЗАО «Компомаш-ТЭК»;
- ✓ технология газификации углей Кузбасса и других угольных регионов России с получением синтез-газа, переработка зола-шлаковых отходов, извлечение ценных компонентов, в том числе редкоземельных элементов;
- ✓ технология получения из синтез-газа моторных топлив по методу Фишера-Тропша, высокооктанового бензина, гидрированных керосинов и дизельных фракций, диметилового эфира, метанола, олефинов, мономеров для органического синтеза на наноразмерных и наноструктурных катализаторах в ИНХС РАН;
- ✓ технология получения жидких углеводородов из синтез-газа на современных катализаторах, разработанных РАН;
- ✓ производство активированных углей для средств защиты, молекулярных сит и адсорбентов для очистки питьевой воды;
- ✓ технологии глубокой переработки бурых углей, а также низкосортных и окисленных углей; и производство гуминовых веществ из бурых углей, производство экологически безопасных высокоэффективных удобрений на основе гуматов; производство горного воска и сопутствующих продуктов из бурых углей;
- ✓ методы вовлечения в оборот низкосортных углей по замкнутому энерготехнологическому циклу, включая сжигание в каталитических котлах и отопительных устройствах; методы отработки и масштабирования технологий сжигания водоугольной суспензии, в том числе в турбинных установках; пылеугольные технологии для энергетики и металлургии;
- ✓ производство углеродных материалов для электроники, компактных источников тока и суперконденсаторов; производство наноразмерных углеродных композитов нового поколения повышенной прочности и термостойкости для экстремальных условий эксплуатации, для боевой техники, космоса, авиастроения, машиностроения, медицины и товаров народного потребления;
- ✓ технологии очистки, обогащения и химической утилизации угольного метана, в

том числе метана из вентиляционных и дегазационных выбросов угольных шахт;

- ✓ энерготехнологическую переработку энергетических углей и углеотходов по отечественной технологии «Термококс» - частичной газификации угля с одновременным получением горючего газа, тепловой и электрической энергии и твердых углесодержащих продуктов с высокой добавленной стоимостью – углеродистых восстановителей для металлургии, углеродных сорбентов и бездымного коммунально-бытового топлива.
- ✓ технологии получения нефтекаменноугольных пеков и пеков из угольных экстрактов с целью снижения зависимости от каменноугольного пека.

Труды Всероссийской научно-практической конференции опубликованы в №3 журнала «Химия в интересах устойчивого развития» 2016 г.

Важным дополнительным и связующим звеном наших Симпозиумов была также конференция «Black Carbon» с участием более 80 ученых, представителей государственных структур, и углеродперерабатывающих предприятий РФ и 12 ученых и представителей госструктур США. Труды опубликованы в № 4 журнала «Химия в интересах устойчивого развития» 2016 г.

Основная цель нашего симпозиума в этом году, объявленном в России годом экологии – представление и обсуждение докладов, отражающих научный поиск и достижения ведущих российских и иностранных ученых, посвященных углекислотной химии и экологии, а также привлечение внимания научной и деловой общественности и бизнес сообщества к научным достижениям в этих областях.

Работы участников симпозиума дают убедительные свидетельства упорной и плодотворной работы в этих направлениях.

На нашем симпозиуме основное внимание будет уделено методам исследования состава и структуры углей, их взаимосвязи со свойствами продуктов, получаемых в ходе переработки, обогащению и глубокой переработке угля, и, кроме того, решению проблем экологической безопасности угледобывающих регионов.

По итогам симпозиума будет издан сборник трудов, а лучшие доклады будут опубликованы в журналах «Eurasian Chemico-Technological Journal» и «Химия в интересах устойчивого развития».

Мы надеемся, что проводимый нами симпозиум будет способствовать обмену информацией между ведущими специалистами углекислотной отрасли и координации усилий науки и промышленности для успешного развития топливно-энергетического комплекса России.

Заседания Симпозиума традиционно будут транслироваться в режиме on-line в интернете <http://www.iccms.sbras.ru/ccsymp-2017/>.

Желаю всем участникам плодотворной и успешной работы!

С уважением,  
директор ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН,  
член-корр. РАН



Исмагилов З.Р.

## Содержание

### *Пленарные лекции*

- Лихолобов В.А.** 14  
РОЛЬ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В РАЗВИТИИ  
НАНОТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
- Jambaljamts Gan-erdene, Davaajav Nanjid, Enkhsaruul Byambajav** 15  
STEAM GASIFICATION OF BAGANUUR COAL WITH NA-FE BINARY  
CATALYST AND ITS SYNERGETIC EFFECT
- Андрейков Е.И.** 16  
НОВЫЕ ПРОДУКТЫ И ПРОЦЕССЫ НА БАЗЕ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ
- Жеребцов С.И., Малышенко Н.В., Смотрина О.В., Брюховецкая Л.В.,  
Исмагилов З.Р.** 17  
СОРБЦИЯ КАТИОНОВ МЕДИ, ЦИНКА, МАРГАНЦА И КОБАЛЬТА  
НАТИВНЫМИ И МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ БУРЫХ  
УГЛЕЙ
- Журавлева Н.В., Исмагилов З.Р.** 18  
ОБОСНОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ  
ВЛИЯНИЯ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО  
БАСЕЙНА НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
- Мороз Э.М.** 19  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ КОМПЛЕКСОМ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
- Мухин В.М.** 20  
ПРОИЗВОДСТВО АКТИВНЫХ УГЛЕЙ КАК ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ  
РАЗВИТИЯ УГЛЕКИМИИ КУЗБАССА И ЕГО РОЛЬ В БУДУЩЕМ
- Козлов А.П., Исмагилов З.Р.** 22  
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА СОРБЕНТОВ В КУЗБАССЕ

### *Тезисы участников очной формы*

- Бурдуков А.П., Бутаков Е. Б., Кузнецов А.В.** 24  
ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА,  
ИЗМЕЛЬЧЕННОГО НА ВЫСОКОНАПРЯЖЕННЫХ МЕЛЬНИЦАХ
- Минибаев Р.Р., Корчагина Т.В., Бибик М.А., Дятлова Г.А.** 25  
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. ПРОБЛЕМЫ И СПОСОБЫ  
РЕШЕНИЯ.
- Вотолин К. С., Жеребцов С. И., Исмагилов З. Р.** 26  
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ И СОСТАВА  
КОМПЛЕКСНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ГУМАТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ИХ  
ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Загруддинов Р.Ш., Негуторов В.Н., Никишанин М.С., Богомолов А.Р.,  
Сеначин П.К., Филипченко С.А.** 27  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХЗОННЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ ПЛОТНОГО СЛОЯ  
ОБРАЩЕННОГО ПРОЦЕССА В ПОЛИГЕНЕРАЦИИ
- Заостровский А.Н., Грабовая Н.А., Исмагилов З.Р.** 28  
ПЕТРОГРАФИЯ И БАНК УГЛЕЙ КУЗБАССА
- Кабак А.С., Сафаров Л.Ф., Андрейков Е.И.** 29  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА С РЕАКЦИОННОСПОСОБНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ  
СОЕДИНЕНИЯМИ
- Калашникова Д.А., Мелков В.Н., Симонова Г.В.** 30  
ЭЛЕМЕНТНЫЙ И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВЫ МХОВ И ЛИШАЙНИКОВ КАК  
МАРКЕРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА ПРОКОПЬЕВСКА
- Кара-сал Б.К., Сапелкина Т.В.** 31  
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ ТУВЫ
- Кирилов К.О., Азиханов С.С., Богомолов А.Р., Шевырёв С.А.** 32  
ПАРОУГЛЕКИСЛОТНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ
- Косицына С.С., Кузнецов П.Н., Бурюкин Ф.А., Обухова А.В.** 33  
ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ПЕКОВЫХ  
ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ УГЛЯ
- Крафт Я.В., Нурмухаметов Д.Р., Адуев Б.П., Исмагилов З.Р.** 34  
МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА ЛЕТУЧИХ  
ПРОДУКТОВ ИЗ УГЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА ПРИ ЛАЗЕРНОМ  
ВОЗДЕЙСТВИИ
- Остапова Е.В., Альтшулер Г.Н.** 35  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПИРИДИНОВЫХ ОСНОВАНИЙ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ  
СМОЛЫ С КАТИОНИТАМИ
- Захаров Ю.А., Федорова Н.И., Ларичев Т.А., Пугачев В.М., Додонов В.Г.,  
Т.С. Манина** 36  
ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ, ПОЛУЧЕННЫЕ  
ТЕРМОРАЗЛОЖЕНИЕМ АЗИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОРАХ  
УГЛЕРОДНЫХ МАТРИЦ
- Гинтова Н.В., Миллер О.А.** 37  
КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ И АНТРАЦИТОВ БУНГУРО-  
ЧУМЫШСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МАРОЧНЫЙ СОСТАВ
- Михайлова Е.С., Исмагилов З.Р.** 38  
ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ СЫРОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО БЕНЗОЛА  
МЕТОДОМ ОЗОНОЛИЗА



- Мурко В.И., Исмагилов З.Р., Михайлова Е.С., Хямяляйнен В.А., Тайлаков О.В., Мاستихина В.П., Карпенко В.И.** 39  
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ И СЖИГАНИЮ УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ С ОЧИСТКОЙ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ
- Минибаев Р.Р., Корчагина Т.В., Дятлова Г.А., Новикова Я.А.** 40  
К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ (ОРО) И ТЕРРИТОРИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ПРЕДЕЛАХ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
- Шишкова Д.К.<sup>1</sup>, Кутихин А.Г.<sup>1</sup>, Ефимова О.С.<sup>2</sup>, Пищере́нко А.А.<sup>3</sup>** 41  
СРАВНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ И МАГНИЙ-ФОСФАТНЫХ НАНОЧАСТИЦ
- Журавлев Ю.Н., Порохнов А.Н.** 42  
ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКОЙ МАССЫ УГЛЯ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
- Празян Т. Л., Журавлев Ю. Н., Шаврин В. А.** 43  
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЯ И ЕГО МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ
- Пугачев В.М., Попова А.Н.** 44  
О СТРУКТУРНОМ АНАЛИЗЕ ГРАФИТОВ
- Пузынин А.В., Си́менюк Г.Ю., Исмагилов З.Р.** 45  
МЕТАЛЛОУГЛЕРОДНЫЙ НАНОКОМПОЗИТ Pt/C – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ
- Си́менюк Г.Ю., Захаров Ю.А., Пузынин А.В., Барнаков Ч.Н., Илькевич Л.В., Нетребенко П.А.<sup>2</sup>** 46  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НАПОЛНЕННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА
- Солдуп Ш.Н., Куликова М.П., Тас-оол Л.Х.** 47  
ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСТВОРЕНИЕ УГЛЯ КАА-ХЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СРЕДЕ БЕНЗОЛА ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
- Смирнов В. Г., Манаков А. Ю., Дырдин В.В., Ким Т. Л., Исмагилов З. Р.** 48  
РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИЗУЧЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В ПРИРОДНОМ УГЛЕ
- Федоров И.А.** 49  
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОРОНЕНА
- Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Теряева Т.Н.** 50  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ПО УГЛЕХИМИИ В КУЗГТУ

**Чичкань А.С., Пузынин А.В., Чесноков В.В., Исмагилов З.Р., Ефимова О.С., Михайлова Е.С., Свинцицкий Д.А.** 51  
ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ  
ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

**Чульдум К. К., Куликова М.П.** 52  
РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА КАМЕННЫХ УГЛЕЙ  
НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

**Чучалина А.Д., Фарберова Е.А., Рябов В.Г., Ширкунов А.С.** 53  
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ  
ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВНОГО УГЛЯ НА ОСНОВЕ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ  
КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА С ОДНОВРЕМЕННЫМ СОКРАЩЕНИЕМ  
ФОРМИРОВАНИЯ ТВЁРДЫХ ОТХОДОВ

**Хабибулина Е.Р., Исмагилов З.Р., Журавлева Н.В., Хицова Л.М., Потокина Р.Р.** 54  
ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕЙ КУЗБАССА  
РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЙ МЕТАМОРФИЗМА

#### **Стендовые доклады участников**

**Звеков А.А., Жеребцов С.И., Ракитова А.И., Дикунова Т.В.** 56  
ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОВЕСИЙ В РАСТВОРАХ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ  
ИЗ БУРЫХ УГЛЕЙ МЕТОДАМИ ПОТЕНЦИОМЕТРИИ И УФ-ВИДИМОЙ  
СПЕКТРОСКОПИИ

**Зыков И.Ю., Дудникова Ю.Н., Козлов А.П., Исмагилов З.Р.** 57  
ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ БАРЗАСКОГО УГЛЯ НА АДсорбЦИОННЫЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУЧЕННЫХ АДсорбЕНТОВ

**Климович М.Ю., Вотолин К.Г.** 58  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОМОЛА  
УГЛЕЩЕЛОЧНОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МЕЛЬНИЦЫ  
К10

**Ковалев Р.Ю., Нурмухаметов Д.Р., Крафт Я.В., Заостровский А.Н., Адуев Б.П., Исмагилов З.Р.** 59  
СПЕКТРАЛЬНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРНОГО  
ЗАЖИГАНИЯ УГЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА

**Лырщиков С. Ю., Стрижак П.А.** 60  
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНОВОДОУГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА  
ОСНОВЕ ОТХОДОВ УГЛЕ – И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

**Мироненко А.В., Казиева А.Б., Кудьярова Ж.Б., Ергазиева Г.Е., Досумов К., Мансуров З.А.** 61  
КАТАЛИЗАТОРЫ СИНТЕЗА ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА

**Пономарева А. А., Мажукин А. К., Лесных А. В., Цой К. А., Урюпин Г.В.,  
Бабушок В.И., Минаев С. С., Штым К. А. 62**  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ  
КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

**Сименюк Г.Ю., Захаров Ю.А., Барнаков Ч.Н. , Илькевич Л.В., Троснянская  
Т.О., Гимазетдинова М.Б. 63**  
ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ НА  
ОСНОВЕ НАНОКОМПОЗИТОВ  $Mn_xO_y/C$  и  $Cr(OH)_3/C$

**Доклады заочных участников**

**Абылгазина Л. Д., Ермагамбет Б. Т., Касенова Ж. М.,  
Нургалиев Н. У., Холод А. В. 65**  
ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ  $Co_3O_4$  С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

**Амир Ж.А., Тулепов М.И. 66**  
ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ УГЛЯ И ТВЕРДЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОДУКТОВ

**Байжомартов Б.Б., Емельянова В.С., Каирбеков Ж.К., Досумова Б.Т.,  
Шакиев Э.М., Елубай М., Аманжолов Е.Р. 67**  
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ  
УНОСА ТЭС

**Барнаков Ч.Н., Хохлова Г.П., Попова А.Н., Козлов А.П. 68**  
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА И ДОБАВОК ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ  
НАНОТРУБОК НА ФОРМИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНОЙ СТРУКТУРЫ  
КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА ПРИ КАРБОНИЗАЦИИ

**Барнаков Ч.Н., Хохлова Г.П., Самаров А.В., Усов О.М., Вершинин С.Н.,  
Илькевич Л.В., Козлов А.П. 69**  
ПОЛУЧЕНИЕ ПЕКА ИЗ СМОЛЫ КОКСОВАНИЯ И ОТХОДОВ  
ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

**Белогурова Т.П., Мальцев Л.И., Миханошина И.А. 70**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ УГЛЕПОДГОТОВКИ  
НА СВОЙСТВА ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

**Вымятнин Е.К, Ильенок С.С, Маслов С.Г. 71**  
ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В  
УГЛЯХ И ЗОЛАХ АЗЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Голоскоков С.И., Голоскоков Е.И., Коптев М.Ю., Довыденко С.А.,  
Тихоненко А.А., Филонов Н.В. 73**  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА  
ПЫЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

**Ермагамбет Б.Т., Нургалиев Н.У., Касенова Ж.М., Казанкапова М.К., Холод А.В., Абылгазина Л.Д.** 74  
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДИСПЕРСНОСТЬ ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ

**Емельянова В.С., Каирбеков Ж.К., Досумова Б.Т., Байжомартов Б.Б., Шакиев Э.М., Елубай М., Саттарова Ы.Н.** 75  
РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ СУЛЬФООКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА НА БАЗЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ УГЛЕЙ

**Ешимбетова Д.К. Тулепов М.И.** 76  
ПРЕВРАЩЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ МАССЫ УГЛЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ВОДОРОДА В ЖИДКИЕ И ГАЗООБРАЗНЫЕ ПРОДУКТЫ

**Казанкапова М.К., Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Нургалиев Н. У., Сайранбек А. Б.** 77  
ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТОВ ИЗ СЛАНЦА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КЕНДЫРЛЫК»

**Каирбеков Ж.К., Емельянова В.С., Досумова Б.Т., Байжомартов Б.Б., Шакиев Э.М., Елубай М., Кабдрашитова Р.М.** 78  
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПРИСАДОК НА БАЗЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НЕФТИ

**Кешкина К. А.** 79  
ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ЗОЛЫ КУЗНЕЦКИХ УГЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПЕРЕРАБОТКИ

**Корчуганов А.С.** 80  
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЗБАССА

**Кострыкин А.П., Уварова В.А., Копытин В.А.** 81  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

**Лавренко Н.С.** 82  
ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В НЕОРГАНИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ ЮРСКОГО ВОЗРАСТА (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

**Лебедев К.С.** 83  
ДЕЗАКТИВАЦИЯ УГЛЯ КАК ПРОЦЕСС СТРУКТУРНОЙ РЕЛАКСАЦИИ

**Монгуш Г.Р., к.т.н. Котельников В.И., Баринов А.В.** 84  
РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЫ ИЗ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ КАА-ХЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

- Осокина А.А., Н. В. Журавлева, Р. Р. Потокина, Хабибулина Е.Р.** 85  
ИЗУЧЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ В  
ПРОЦЕССЕ СЖИГАНИЯ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИТИЧЕСКОГО  
РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЯ
- Сальников А.В., Яшник С.А., Керженцев М.А., Исмагилов З.Р.** 86  
УДАЛЕНИЕ СЕРА- И АЗОТСОДЕРЖАЩИХ УГЛЕВОДОРОДОВ  
В ПРОЦЕССЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ  
ДИЗЕЛЬНОЙ ФРАКЦИИ
- Портнова А.В., Фарберова Е.А., Копп Д.Д., Семкова А.В.** 87  
ОТРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ  
КИСЛОТ И ГУМАТОВ ИЗ ОТХОДОВ БУРЫХ УГЛЕЙ
- Рохина Е.Ф., Шевченко Г.Г., Рохин А.В.** 88  
ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ  
ГИДРОГЕНИЗАЦИЕЙ СМОЛ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО  
ПИРОЛИЗА КАУ
- Стеглянников Д.И.** 89  
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА  
КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
- Уварова В.А., Гришин М.В., Гришин П.М.** 90  
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ,  
ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ
- Ушаков Е.Н.** 91  
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНВЕЙЕРОВ ШАХТНЫХ  
ЛЕНТОЧНЫХ В ВЫРАБОТКАХ  
С УГЛАМИ НАКЛОНА БОЛЕЕ  $\pm 10^\circ$
- Хаймин С. А., Игишев В. Г., Колыхалов В. В.** 92  
ВЫДЕЛЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ ПОЖАРНЫХ ГАЗОВ ПРИ ОКИСЛЕНИИ УГЛЯ  
НА СТАДИЯХ САМОНАГРЕВАНИЯ И БЕСПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ
- Шлапаков П.А., Черданцев С.В., Ерастов А.Ю.** 93  
ПОЖАРООПАСНОСТЬ ЦЕЛИКОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТОВ УГЛЯ  
СКЛОННОГО К САМОВОЗГОРАНИЮ

*Пленарные лекции*

## **РОЛЬ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В РАЗВИТИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

**Лихолобов В.А.**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт  
проблем переработки углеводородов СО РАН*

*г. Омск*

Наноструктурированные углеродные материалы – фуллерены, углеродные нанотрубки, нановолокна, нанолуковицы, наноалмазы – принадлежат к семейству так называемых углеродных наноматериалов. Эти материалы, в том или ином виде (например, фуллереновая сажа, наноалмазная шихта) уже находят применение в практике (например, для усиления эластомеров), показывая свою эффективность. Давно и широко в технике под названием «углеродная чернь», «сажа», «технический углерод» применяется материал, для которого, принимая во внимание строение его частиц, недавно было введено название «наноглобулярный».

В данной лекции рассмотрены научные и прикладные аспекты получения и применения этого углеродного материала в наноиндустрии.

В течение последнего десятилетия были выполнены исследования закономерностей формирования углеродных наноглобул при их получении в газовой фазе из углеводородов. С применением современных методов исследования (HREM, SEM, IRS, XPS, XRD, NMR MAS и др.) были изучены «внутреннее» строение углеродной наноглобулы и структура их агрегатов.

Было установлено, что углеродная наноглобула состоит из трех частей: центральной части, построенной из сферического «комка» фуллереноподобного углерода, среднего, наиболее протяженного слоя слабоупорядоченного графитоподобного углерода и периферийного слоя частично упорядоченного графитоподобного углерода.

Полученные данные легли в основу технологии получения марок наноглобулярного (технического) углерода для областей применения, где требуется высокая однородность строения его частиц на всех уровнях (размеры наноглобулы, форма агрегатов, физико-химия поверхности и т. п.). К таким областям относятся пигменты, компоненты для создания электропроводящих эластомеров, а также специальные области применения. В эти же годы были развиты исследования по получению новых видов материалов из наноглобулярного углерода путем «переделки» его глобул а) поверхностным или объемным модифицированием, б) воздействием мощных источников энергии.

С использованием этих подходов получены новые функциональные материалы для решения задач защиты природы и здоровья человека, освоения Арктики, получения и хранения электрической энергии, создания эффективных катализаторов органического синтеза и квалифицированной переработки органических веществ.

## STEAM GASIFICATION OF BAGANUUR COAL WITH NA-FE BINARY CATALYST AND ITS SYNERGETIC EFFECT

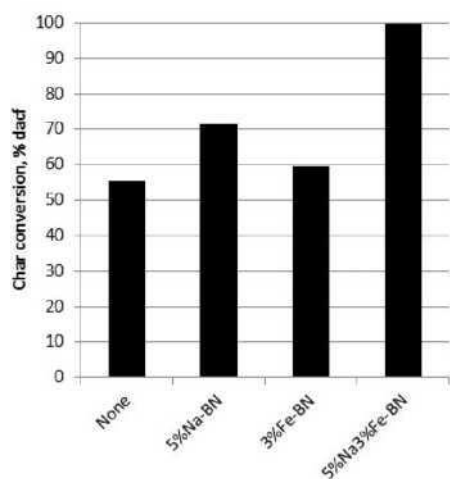
Jambaljamts Gan-erdene, Davaajav Nanjid, Enkhsaruul Byambajav\*  
Laboratory of Clean Energy Technology Development, Department of Chemistry,  
School of Arts & Sciences, National  
University of Mongolia, Ulaanbaatar 14201, Mongolia

The coal-based integrated gasification combined cycle (IGCC) offers the advantages of higher efficiency in separating CO<sub>2</sub> and other pollutants compared to conventional coal-fired power plants. Resource of Baganuur coal is about 500 million ton, and is used as a feedstock of the largest power plant - No4 in Ulaanbaatar city. This study aims to clarify a synergetic effect of Na and Fe species on gasification activity of Baganuur coal sample. Experimental

Baganuur coal with sizes of 0.15-0.074 mm was used. Proximate analysis of the coal was determined as shown here: moisture -5.16%, ash -7.45%, volatile -41.6% (ad). The impregnation method was used to mix the Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and/or iron ore with ethanol solution of coal sample. Then the ethanol mixture of catalyst and coal was evaporated, and dried at 100°C for 2 h. 0.5 g of prepared sample was pyrolyzed at 800°C for 10 min in a flow of argon, then gasified in-situ under atmospheric pressure, at the same temperature as pyrolysis's, for 60 min in a flow of steam and argon (1:1) of 200 ml/min.

### Results & Discussion

Four kinds of the BN coal samples were tested for gasification. Addition of only 3%Fe did not almost effect on char conversion. However, the 3%Fe species together with 5%Na increases significantly the char conversion by a difference of 44.3% (daf). It suggested a synergetic effect of sodium and iron during gasification of 5%Na3%Fe- BN sample in steam at 800°C. It was known that the gasified char did not contain carbon, but there was new species



of NaFeO<sub>2</sub> and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, formed by an interaction between catalysts and coal minerals, in char residue.

Fig.1. Char conversion of the samples in gasification after gasification

### Conclusion

When only Fe was added into the BN sample, there was almost not observed its catalytic effect on gasification activity. However, a mixture of 5%Na and 3%Fe species improves significantly the char conversion by a difference of 44.3% (daf).

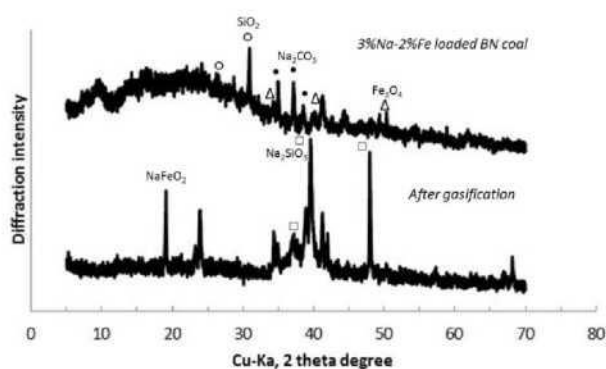


Fig.2. XRD patterns of the samples before and after gasification



## НОВЫЕ ПРОДУКТЫ И ПРОЦЕССЫ НА БАЗЕ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ

Андрейков Е.И.<sup>1,2</sup>

*<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, <sup>2</sup>ОАО «ВУХИН», г. Екатеринбург  
E-mail: [cc@ios.uran.ru](mailto:cc@ios.uran.ru)*

Рассмотрен современный уровень получения химических продуктов путем переработки каменноугольной смолы. Основные тенденции в новых процессах и технологиях связаны с повышением качества и совершенствованием технологии получения товарных продуктов. Обсуждены вопросы получения новых видов каменноугольного пека для алюминиевой промышленности, использования пека для малотоннажных углеродных материалов и переработки отработанных полимеров.

Переработка каменноугольной смолы, получаемой при производстве металлургического кокса, является в настоящее время основным направлением получения ароматических соединений и сырья для современных углеродных материалов из ископаемых углей. Существующий ассортимент переработки каменноугольной смолы на коксохимических предприятиях ограничен и представлен дистиллятными фракциями смолы и компаундированными продуктами на их основе, техническими сортами нафталина и каменноугольным пеком.

В ближайшее время актуальными проблемами для установок переработки каменноугольной смолы являются замена устаревшей технологии выделения и очистки нафталина, а также работы по увеличению эффективности производства каменноугольного пека.

Рассмотрены перспективные направления совершенствования технологических процессов в смолперерабатывающих цехах коксохимических предприятий, а также новые виды продукции на основе каменноугольной смолы и каменноугольного пека. Незагруженность существующих мощностей смолперерабатывающих установок позволяет использовать их для совместной дистилляции каменноугольной смолы с продуктами нефтепереработки. С небольшими затратами может быть внедрена технология получения резольной смолы из фенольной фракции, минуя трудоемкие стадии получения и разложения фенолятов. Применение современных окислительных технологий позволяет на новой основе рассмотреть синтез кислородсодержащих соединений из ароматических и гетероциклических соединений каменноугольной смолы.

Доступность и низкая стоимость каменноугольного пека делают его перспективным сырьем не только для использования в качестве связующего и пропиточного материала в производстве углеграфитовых материалов и углерод-углеродных композитов, но и для получения углеродных сорбентов, мезофазных микросфер, углеродных пен, электродных материалов для химических источников тока. Важным фактором является стабильный химический состав каменноугольного пека, основу которого составляют многоядерные ароматические углеводороды, хорошие прекурсоры для графитоподобных структур.

## СОРБЦИЯ КАТИОНОВ МЕДИ, ЦИНКА, МАРГАНЦА И КОБАЛЬТА НАТИВНЫМИ И МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ БУРЫХ УГЛЕЙ

Жеребцов С.И., Малышенко Н.В., Смотрина О.В.,  
Брюховецкая Л.В., Исмагилов З.Р.

Федеральный исследовательский центр угля и углекими CO РАН,  
г. Кемерово, e-mail: sizh@yandex.ru

Sorption of copper, zinc, manganese and cobalt cations from aqueous solutions by native and modified humic acids isolated from brown coal was studied using the methods of IR, EPR, <sup>13</sup>C-NMR spectroscopy in a solid. Modification of humic acids with hydrogen peroxide leads to an increase in the sorption capacity by a factor of 2-4.

Гуминовые кислоты (ГК), обладающие сорбционными свойствами, находят широкое применение как для создания препаратов введения микроэлементов питания растений, так и для технических целей в качестве сорбентов.

Реакционная способность гуминовых кислот бурых углей определяется наличием различных по своей природе функциональных групп, зависит от степени ароматичности и конденсированности. С помощью целенаправленного химического модифицирования можно увеличить содержание тех или иных функциональных групп и повысить биологическую активность, сорбционную способность ГК. Модифицирование пероксидом водорода гуминовых кислот, выделенных из бурых углей Тисульского месторождения (БУТС) и его окисленной в пласте формы (БУТСО), состав которых охарактеризован с помощью технического и элементного анализа, приводит к увеличению содержания кислородосодержащих функциональных групп: карбонильных, карбоксильных и групп, содержащих кислород при алкильном углероде, и снижает концентрацию органических парамагнитных центров [1,2].

В работе исследован процесс сорбции катионов меди, цинка, марганца и кобальта из водных растворов нативными и модифицированными гуминовыми кислотами. Полученные данные о сорбционной емкости гуминовых кислот по данным катионам, показывают, что модифицирование ГК пероксидом водорода приводит к увеличению сорбционной способности ГК в 2-4 раза.

Анализ ИК-, ЯМР- и ЭПР-спектров, а также изучение составов равновесных фаз позволяет сделать вывод о механизме взаимодействия катионов с гуминовыми кислотами в процессе сорбции. Для катионов цинка с большей вероятностью сорбция протекает по механизму ионного обмена, для катионов меди, марганца и кобальта - по смешанному механизму, т.е. ионный обмен и комплексообразование с различными кислородосодержащими группами [1,3].

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

### **Литература**

1. Малышенко Н.В. Сорбция катионов цинка модифицированными гуминовыми кислотами / Н.В. Малышенко, С.И. Жеребцов, О.В. Смотрина, Л.В. Брюховецкая, З.Р. Исмагилов // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2015. – Т. 23. – С. 451-457.

2. Брюховецкая Л.В. Изучение методом ЭПР сорбции катионов меди нативными и модифицированными гуминовыми кислотами/Л.В. Брюховецкая, С.И. Жеребцов, Р.В. Малышенко, З.Р. Исмагилов // *Кокс и химия*. – 2016. – № 11 – С. 26-30.

3. Жеребцов С.И. Сорбция катионов меди нативными и модифицированными гуминовыми кислотами / С.И. Жеребцов, Н.В. Малышенко, О.В. Смотрина, Л.В. Брюховецкая, З.Р. Исмагилов // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2016. – Т. 24. – С. 399-403.

## ОБОСНОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Н. В. Журавлева<sup>1</sup>, З. Р. Исмагилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр», г. Новокузнецк  
E-mail: zhuravleva\_nv@zsic.ru

<sup>2</sup> Институт углекимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово

Рассмотрены приоритетные органические и неорганические загрязняющие вещества, подлежащие контролю в зоне действия предприятий угледобывающей и углеперерабатывающей отрасли.

Наибольшую нагрузку на природную среду Кемеровской области оказывают угледобывающие и углеперерабатывающие предприятия, по этой причине обоснование и разработка новых методических, технических и организационных решений по созданию и совершенствованию инструментов эффективного контроля и мониторинга окружающей среды имеет важное значение для обеспечения экологической безопасности и эффективного проведения природоохранных мероприятий в угледобывающем регионе.

Показано, что оценка влияния процессов добычи и переработки углей на экологическое состояние природной среды должна производиться на основе научно обоснованного перечня загрязняющих веществ, образующихся при функционировании угольных предприятий, который должен включать помимо показателей, традиционно используемых в экологическом контроле, такие загрязняющие вещества, как ПАУ, взвешенные частицы размерами менее 2,5 мкм и менее 10 мкм, 2,4,6-тринитротолуол и его метаболиты.

Доказано, что токсичность твердых отходов добычи и переработки углей определяется, прежде всего, содержанием в них подвижных и водорастворимых форм токсичных элементов и концентрацией органических веществ. При этом вскрышные и вмещающие породы угольных месторождений Кузбасса характеризуются следующим рядом активности водорастворимых форм токсичных элементов:  $Mo > Cu > V > Zn > Mn > As > Cr > Ni > Pb$ . Для золошлаковых отходов существуют тесные корреляционные связи между подвижными формами кобальта и никеля, а также валовыми и подвижными формами марганца и свинца.

Установлено, что техногенная нагрузка на территорию в зоне влияния предприятий угольной отрасли может быть определена на основе изучения распределения концентраций приоритетных ПАУ в почвах. При этом в качестве основного информативного показателя указанной нагрузки следует использовать концентрацию фенантрена в почвах.

Отмечено, что для оценки влияния тонкодисперсных угольных материалов на объекты окружающей среды необходимо иметь информацию о распределении частиц по размерам, а также доле их наиболее опасных классов, для определения которых целесообразно использовать метод лазерной дифракции.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ КОМПЛЕКСОМ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Мороз Э.М.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск  
e-mail: emoroz@catalysis.ru

Обсуждаются основы рентгенографических методов и возможности их при изучении углеродных материалов. Приводятся данные по исследованию их комплексом методов. Для определения фазового состава кристаллических материалов применен метод рентгенофазового анализа, реальной структуры - метод гармонического анализа дифракционных профилей, структурных особенностей и фазового состава наноразмерных материалов – метод радиального распределения электронной плотности (РРЭП)

Большой ассортимент твердых пористых углеродных материалов, бурно расширяющееся использование их в современных технологиях требуют изучения свойств таких материалов. В частности, углеродные материалы имеют широкое применение в качестве сорбентов, носителей для катализаторов различных процессов и т.д. Определение структурных характеристик чрезвычайно важно для понимания других свойств материалов: химии поверхности, сорбционных, текстурных и т.д. Что касается рентгенографических методов, то, в силу малых длин волн рентгеновского излучения, дающего дифракцию на твердом теле, эти методы используются только для характеристики атомной и реальной структуры, т.е. устройства первичных частиц, составляющих различные вторичные образования. Характеристики атомной структуры (межатомные расстояния –МА и координационные числа -КЧ) определяли методом РРЭП [1,2], реальной структуры (субструктурные характеристики: размеры областей когерентного рассеяния –ОКР, упорядоченность и т.д.) анализом профилей дифракционных пиков [3,4].

Исследованные нами образцы представляли собой углеродные материалы, они выбраны для демонстрации возможностей современных рентгенографических методов. Изучены характеристики материалов, в основе которых лежит структура графита: активные угли (сарановый, березовый, ацетиленовая сажа, буроугольный полукок), сибунит. Для них определяли структурные (МА, КЧ) и субструктурные характеристики (степень кристалличности, долю ароматического углерода, степень трехмерной упорядоченности, размеры ОКР в ароматических слоях, толщину пачек графитоподобных слоев или размер ОКР для направления, перпендикулярного графитовым слоям).

Представителем другого класса твердого углерода является алмаз. Определены структурные (МА, КЧ) и субструктурные характеристики высокодисперсного (2нм) алмаза (размер ОКР, наиболее вероятный размер частиц, ширина распределения кристаллитов по размерам, величина микроискажений).

### Литература

1. Billinge S.J.L. // *Z.Kristallogr.* - 2007 - *Suppl.* **26**, P. 17
2. Э.М.Мороз *Успехи химии*, . – 2011. – **80**, С.315
3. Богданов С.В, Мороз Э.М., Цыбуля С.В и др. // *Кинет. и катализ.* – 1984. - **25**, - С. 171.
4. Богданов С.В, Мороз Э.М, Цыбуля С.В // *Кинетика и катализ.* - 1984. - **25**,. - С. 1209

## **ПРОИЗВОДСТВО АКТИВНЫХ УГЛЕЙ КАК ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ УГЛЕКИМИИ КУЗБАССА И ЕГО РОЛЬ В БУДУЩЕМ**

**Мухин В.М.**

ОАО «Электростальское НПО «Неорганика», г. Электросталь Московской обл.,  
e-mail: neorg.el@mail.ru;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И.  
Менделеева», г. Москва, e-mail: victormukhin@yandex.ru

В работе освещены вопросы создания производства активных углей на основе ископаемых каменных углей Кузбасса как основное направление развития углекимии в регионе. Показана роль активных углей (АУ) в решении широкого спектра экологических проблем не только Кузбасса, но и Российской Федерации в целом. Предложены наиболее перспективные технологии получения АУ на основе Кузбасского каменноугольного сырья.

Роль активных углей (АУ) в решении широкого спектра промышленных, оборонных и экологических задач несомненна. Можно с уверенностью утверждать, что АУ являются вторыми по широте применения материалами в мире после железа.

Прогрессирующее загрязнение окружающей среды сделало экологическую безопасность важной составляющей национальной безопасности в целом. Сегодня практически вся планета и, особенно, районы массового проживания людей подвержены серьезным экологическим угрозам, главными из которых являются: радиационное загрязнение территорий; угнетение почв кислотными дождями; загрязнение почв химическими веществами и пестицидами; разливы нефти на суше и на море и разрушение атмосферы. Одним из способов решения этой важной задачи является разработка и применение универсальных материалов, в роли которых с успехом выступают углеродные адсорбенты – активные угли [1].

Спектр углеродосодержащего сырья для получения АУ весьма широк и включает в себя торф, древесину, лигнин, полимеры, отходы различных производств и сельского хозяйства и т.д., однако главным видом сырья является каменные угли.

Кузнецкий бассейн представляет собой уникальный источник каменноугольных углей – от бурых углей до антрацитов.

Как было сказано в выше, основные угрозы биосфере заключаются в снижении плодородия почв и даже полного истощения сельхозугодий в результате техногенной деятельности. Но почв на планете всего 6 % от общей территории суши, причем почти 30 % самых плодородных почв – черноземов – принадлежат России. Учитывая, что в конце XXI века на планете будет жить более 10 млрд человек, защите и реабилитации почв должно быть уделено первостепенное внимание.

При решении экологических задач агропромышленного комплекса активные угли характеризуют такие преимущества, как избирательность сорбции органических токсикантов, универсальность сорбционных свойств, высокая поглощательная способность, гидрофобность, удобная препаративная форма (зерна, порошок) и низкая стоимость.

Для обеспечения городов и крупных населенных пунктов водой питьевого качества воды поверхностных источников водоснабжения необходимо очищать, и здесь не обойтись без активных углей.

С целью удаления основной массы загрязняющих веществ из природных и сточных вод используют широкий набор технологических приемов, включающих углевание (для дезодорации), флотацию, коагуляцию, окисление, отстаивание, фильтрование и финишную сорбцию на гранулированных активных углях.

На базе каменноугольного сырья Кузбасса разработаны две перспективные отечественные технологии получения АУ: на основе антрацита (патент РФ № 2518964) и на основе угле-пековых композиций (патент РФ № 2184080)

Постоянно развивающиеся научные, технические, экономические и другие аспекты экологии наряду с прогрессивно возрастающим количеством реализуемых природозащитных мероприятий свидетельствуют о четко выраженном смещении акцентов в мировом сообществе к кругу вопросов охраны окружающей среды от антропогенного загрязнения. Это позволяет констатировать, что XXI век знаменует для человечества новую эру – эру защиты биосферы. В технологиях глубокой и санитарной очистки самых различных производственных выбросов которой ведущая роль будет принадлежать активным углям.

*Литература*

1. Мухин В.М. Активные угли как важный фактор развития экономики и решения экологических проблем //Химия в интересах устойчивого развития. – 2016. - № 24 – С. 309-316



## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОРБЕНТОВ В КУЗБАССЕ

Козлов А.П., Исмагилов З.Р.

*Федеральный исследовательский центр угля и углекимии СО РАН, г. Кемерово,  
e-mail: kozlovap@iccms.sbras.ru*

В докладе представлена информация о мировых тенденциях развития рынка углеродных сорбентов, основных производителях в мире и в России и областях использования сорбентов.

В настоящее время мировое производство сорбентов составляет около 1,7 млн. тонн (или в денежном выражении 4,4 млрд.\$) в год с перспективой роста к 2024 году до уровня 5,1 млн. тонн в год. Основными производителями сорбентов являются зарубежные компании Calgon (16 %), Norit (14 %), Jacobi (8 %), MWV (6 %), ADA (5 %), JEC (5 %), в то время как в России производится около 8 тыс. тонн в год (0.2% от уровня мирового производства) на 11 предприятиях, расположенных в Приволжском (77 %), Сибирском (13 %), Северо-Западном (8 %) и Центральном (2 %) Федеральных округах. Потребление сорбентов в России составляет около 20-25 тыс. тонн в год. Т.е. в настоящее время при неустойчивой экономической обстановке порядка 70 % потребляемых сорбентов импортируется. Основными поставщиками сорбентов в Россию являются: Evrocarb (Англия), Satcliff Speakmann Norit (Голландия), Calgon Corporation (США), Mitsui (Япония), Shanxi Xinhua (Китай).

Области применения сорбентов весьма разнообразны и можно выделить следующие основные отрасли потребления: металлургическая промышленность, нефте-газодобывающая и перерабатывающая промышленность, пищевая промышленность, топливно-энергетическая промышленность, фармацевтическая промышленность, химическая промышленность, ВПК и охрана окружающей среды, при том, что на долю последней приходится 55 % от общего потребления.

Удельное производство сорбентов в России в настоящее время составляет 20 г/чел. в год, что в 25 раз ниже мирового уровня. Учитывая мировой уровень, в России нужно производить не менее 70 тыс. тонн активных углей в год для устойчивого развития экономики и создания высокого качества жизни населения.

Российские технологии получения активных углей необходимо срочно модернизировать с внедрением новых отечественных разработок по производству активированных углей, удовлетворяющих современным требованиям к качеству. К тому же сырьевая база России для получения сорбентов представлена углями всех стадий метаморфизма различного петрографического, технического и элементного составов, которые могут быть переработаны по различным технологическим схемам с получением сорбентов широкого спектра действия.

Первым шагом на пути перехода от лабораторных исследований к созданию промышленного производства является разработка демонстрационных и опытно-промышленных установок.

В ФИЦ УУХ СО РАН разработаны и научно обоснованы основы технологии получения высокопористых углеродных сорбентов на основе естественно окисленных углей. В качестве исходного сырья для получения углеродных сорбентов с развитой удельной поверхностью могут служить угли разных стадий углефикации. В настоящее время закуплено оборудование для создания опытного стенда. Выполнен проект модернизации помещений для размещения оборудования. Завершен ремонт помещений.

Главная задача создаваемого опытно-экспериментального стенда – отработка технологических режимов получения высокоэффективных сорбентов различного вида (порошковые, гранулированные, дробленые), наработка укрупненной опытной партии продукта для проведения его паспортизации и испытаний в реальных условиях.

*Тезисы участников очной формы*



## ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА, ИЗМЕЛЬЧЕННОГО НА ВЫСОКОНАПРЯЖЕННЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Бурдуков А.П., Бутаков Е. Б., Кузнецов А.В.

*Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск*

Использование угля в энергетике встречает различные трудности, оставляя большой потенциал для совершенствования и оптимизации эффективности технологий его сжигания. Поиски новых путей в химической технологии твердого топлива и повышении его реакционной способности заставляют более внимательно относиться к изучению процессов, протекающих при механических воздействиях на уголь. В ИТ СО РАН впервые установлен факт повышения химической активности углей различной стадии метаморфизма при их механоактивационном измельчении в энергонапряженных мельницах. В связи с трудностью измерения химической активности в процессе измельчения для оценки ее изменения после измельчения на первом этапе исследований была использована методика дифференциально-термического анализа, позволяющая определять значение энергии активации при термическом разложении углей. Поскольку для углей различной стадии метаморфизма изменение энергии активации происходит по-разному для различных углей, корректная оценка изменения их химической активности после механохимической обработки становится проблематичной[1,2].

Для определения влияния различных способов высоконапряженного измельчения на воспламенение, горения и газификацию угля, проводились эксперименты на 1 МВт стенде. Эксперименты проводились для двух типов углей: слабоспекающийся (СС) Кузнецкий каменный уголь и Переясловский бурый уголь (ЗБР). При исследовании горения механохимически обработанных образцов угля было обнаружено, что при прочих равных условиях параметры факела, а именно, размеры и распределение температурных зон сильно зависят от того, на оборудовании какого типа проводилась обработка. В частности, обработка примерно до одинаковой степени дисперсности на механических мельницах-активаторах со стесненным ударом (виброцентробежная мельница-активатор ВЦМ) и в мельницах со свободным ударом (дезинтегратор) приводила к различным параметрам факела. В результате опытов по сжиганию углей различных стадии метаморфизма, механоактивированных при помоле на виброцентробежной мельнице и дезинтеграторе на укрупнённом стенде было установлено, что при почти не отличающемся спектре размеров частиц скорость выгорания частиц в факеле после мельницы дезинтеграторного типа существенно выше.

Проведены термогравитационные исследования термического разложения различных углей использована методика определения температуры вспышки пылевзвеси методом касательных, а также рассмотрена возможность использования индексов воспламенения, реакционной способности, выгорания и всесторонний для оценки реакционных свойств топлив после измельчения в различных мельницах.

### **Литература**

1. Burdukov, A.P., Butakov, E.B., Popov, V.I., Chernetskiy, M.Y., Chernetskaya, N.S The use of mechanically activated micronized coal in thermal power engineering (2016) *Thermal Science, Volume 20, 2016, Pages s23-s33*
2. А. П. Бурдуков, В. И. Попов, В. А. Фалеев, Т. С. Юсупов *Использование механоактивированных углей микропомола в энергетике. Ползуновский вестник, №1, 2010 г., с. 93-98.*  
*«Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 17-08-00445 А»*

## РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. ПРОБЛЕМЫ И СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ.

Минибаев Р.Р., Корчагина Т.В., Бибик М.А., Дятлова Г.А.  
ООО «Сибирский Институт Горного Дела», г. Кемерово  
e-mail: m.bibik@pk-ugol.ru

Предложен обзор ситуации, сложившейся на территории Кемеровской области в практике рекультивационных работ; выполнен анализ действующих нормативных документов, содержащих требования к организации и выполнению рекультивации земель, нарушенных в результате хозяйственной деятельности. Выявлены проблемы и предложены возможные решения эффективной реализации рекультивационных работ.

Кузнецкий бассейн является крупнейшим в России как по количеству запасов угля, так и по добыче. К 2020 году планируется увеличить объем добычи угля по сравнению с 2006 годом на 43 %. Общий объем добычи угля составит 250 млн. тонн в год. Ежегодно на поверхность извлекается более миллиарда тонн породы. Площадь отвалов увеличится на 20 % и достигнет 120-150 тыс. га.

Основной экологической проблемой при увеличении добычи угля является ухудшение среды обитания человека. Происходит изменение ландшафтов, получают развитие связанные с этим процессы эрозии; нарушение почвенного покрова; загрязнение воздушного бассейна; загрязнение воды; обеднение биологического разнообразия.

Проблема рекультивации земель и восстановления ландшафта, нарушенного горными работами, возвращения сельскому и лесному хозяйству, изъятых у них для промышленных нужд территорий, приобретает в нашей стране все большую актуальность.

Рекультивация земель — это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народно-хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Современное российское законодательство, направленное на обеспечение рекультивации земель, нарушенных в процессе недропользования, имеет существенные недостатки.

Обязанность проведения рекультивационных работ, которая должна быть закреплена в законе, может быть не исполнена, поскольку рекультивационные работы экономически убыточны и капиталоемки для недропользователя.

Для решения проблемы предложены возможные пути для эффективной реализации рекультивационных работ.

### **Литература**

1. *Биологическое разнообразие Алтае-Саянского экорегиона.* – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2003. – 150 с.
2. *Гаджиев, И.М. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель / И.М.Гаджиев, В.М. Курачев, В.А. Андраханов.* – Новосибирск: ЦАРИС, 2001. – 36 с.
3. *О проблемах нарушенных земель в Кемеровской области: материалы Депутатских слушаний, г. Кемерово, март 2006 г.* – Кемерово, 2006. – 77 с.

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ И СОСТАВА КОМПЛЕКСНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ГУМАТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ИХ ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

**Вотолин К. С., Жеребцов С. И., Исмагилов З. Р.**

*Институт углекислотной и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово, e-mail: kostvot@mail.ru*

Исследовано влияние режимов работы оборудования и состава комплексных гранулированных гуматных удобрений (КГУ) на прочностные характеристики, в частности, на статическую прочность.

Гуминовые вещества благодаря особенностям своего строения и физико-химическим свойствам характеризуются высокой биологической активностью и применяются в качестве стимуляторов роста растений как составная часть органо-минеральных удобрений.

Гранулы - это наиболее рациональная форма использования удобрений, так как такие удобрения имеют гораздо более продолжительный период воздействия на растения, позволяющий тем самым избежать отравляющего воздействия больших концентраций.

Одной из важнейших задач при отработке новой технологии производства гранулированных удобрений является получение гранул, обладающих достаточной прочностью и не поддающихся разрушению во время транспортировки или при упаковке в тару.

Исследуемые образцы КГУ были получены путем смешивания бурого угля с водным раствором щелочи и различных минеральных и связующих добавок [1]. В качестве исходного сырья использовали бурый уголь Тисульского месторождения (участок Кайчакский). Минеральными добавками служили: аммофос, карбамид, хлорид калия и суперфосфат. Прочность измеряли методом раскалывания [2].

Увеличение температуры сушки гранул приводит к упрочнению КГУ. Так, увеличение температуры с 40 до 140°C дает повышение прочности на 9%. В свою очередь, избыточное содержание влаги в гранулах приводит к уменьшению прочности. В связи с этим необходимо получать КГУ с влажностью не более 15-20%.

Увеличение содержания гуминовых кислот (ГК) в КГУ положительно влияет на статическую прочность, поэтому желательно увеличивать содержание ГК в КГУ, например, заменой воды на жидкий гумат.

Увеличение количества карбамида и хлорида калия в гранулах негативно сказывается на их прочности. Добавка аммофоса и большого количества суперфосфата позволяет получать достаточно крепкие гранулы.

Связующие добавки позволяют значительно повысить прочность. Так, добавка силиката натрия (6% от общей массы загрузки) позволила повысить прочность гранул на 35%.

### **Литература**

1. Вотолин К. С. Технологии получения гранулированных гуматных удобрений // Сборник трудов ежегодной конференции молодых ученых ФИЦ УУХ СО РАН "РАЗВИТИЕ - 2016" Кемерово, 11-13 мая 2016 г. С. 99-110.
2. Иоффе И.И. Инженерная химия гетерогенного катализа / И. И. Иоффе, Л. М. Письмен. – Л.: Химия, 1972. — 464 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХЗОННЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ ПЛОТНОГО СЛОЯ ОБРАЩЕННОГО ПРОЦЕССА В ПОЛИГЕНЕРАЦИИ

**Загруддинов Р.Ш.<sup>1</sup>, Негуторов В.Н.<sup>1</sup>, Никишанин М.С.<sup>2</sup>,  
Богомолов А.Р.<sup>3</sup>, Сеначин П.К.<sup>4,5</sup>, Филипченко С.А.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> ООО ИЦ «Новые энергетические технологии», г. Рязань,

<sup>2</sup> ООО «ТехноРесурс», г. Барнаул

<sup>3</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва, г. Кемерово

<sup>4</sup> Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

<sup>5</sup> Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск

<sup>6</sup> ЗАО «РНТ», г. Самара

e-mail: ravzag@yandex.ru

В работе рассмотрен подход к разработке проекта по строительству комплексного Энергоцентра, включающего процессы приготовления брикетированного топлива из низкосортных бурых углей и отходов углеобогащения, его газификации, выработки синтез-газа и производства из него синтетического жидкого топлива (СЖТ). Выделяемая энергия в процессах газификации и синтеза Фишера-Тропша направляется на выработку электрической и тепловой энергии. Показано, что соотношение трёх видов вырабатываемой продукции (полигенерация), в зависимости от ситуации на рынке может меняться и в определённых рамках перераспределяться.

Инновационный путь угольной энергетики и энерготехнологии – комбинированное производство синтетического жидкого топлива (СЖТ), метанола или других химических продуктов, с одновременной генерацией электрической и тепловой энергии. Условием безубыточности предлагаемого проекта принято максимальное производство наиболее ценного продукта – СЖТ, мощность которого около 10 тыс. т в год, что будет соответствовать газификации примерно 5 т/ч брикетированного топлива.

Энергоцентр взаимосвязан следующими стадиями: • система приготовления топлива (брикетирование высоковлажного исходного материала и сушка брикетов); • газогенераторный процесс со вспомогательным оборудованием (трехзонный или двухзонный газогенераторы); • система очистки газа (сероочистка и утилизация его физического тепла); • участок синтеза Фишера-Тропша и схема разделения синтетической нефти; • энергетический участок (энергогенерирующее оборудование – паровой турбогенератор и сетевое оборудование). Энергоцентр оборудуется АСУ ТП.

Управление процессами позволяет получать генераторный газ без смол, сажи и углеводородов с заданными характеристиками, в том числе с заданным соотношением CO/H<sub>2</sub>. Предложенная технология позволяет использовать в качестве исходного топлива широкий спектр низкосортных малоценных твёрдых топлив, включая отходы углеобогащения, биомассу и различного рода углеродсодержащие отходы.

Расчёты, выполненные для строительства в Монголии Энергоцентра, с предлагаемой конфигурацией системы, при работе на буром угле «Багануур» показывают, что суммарные затраты на строительство Энергоцентра составляют 11710,0 тыс. \$ США, стоимость ежегодно выпускаемой продукции – 13821,4 тыс. \$ США, годовая прибыль – 12336,6 тыс. \$ США и срок окупаемости проекта (без заёмных средств) – около года.

## ПЕТРОГРАФИЯ И БАНК УГЛЕЙ КУЗБАССА

**Заостровский А.Н.<sup>1</sup>, Грабовая Н.А.<sup>1</sup>, Исмагилов З.Р.<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup>Институт углекимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН,  
Кемерово,

<sup>2</sup>Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, Кемерово; e-mail: catalys01@rambler.ru

The importance of creating a modern coal bank of the Kuznetsk Basin which will allow to accumulate experimental material for establishing relationships between petrographic features and chemical and technological properties of coals, is shown in the paper.

Углетпетрография используется для решения геологических проблем и для задач технологического использования углей, что в ещё большей мере сделало её разделом углекимической науки. Большинство угольных месторождений представлено несколькими пластами, иногда их количество исчисляется десятками. С целью паспортизации углей Кузнецкого бассейна в Институте углекимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН составлен и продолжает пополняться современный банк данных углей. Пластовые и представительные товарные пробы углей помещены в герметичные контейнеры и находятся в специально оборудованном хранилище (рисунок 1).



Рисунок 1 – Образцы банка данных углей Кузбасса

Паспортизация включает исследование свойств углей по стандартизованным параметрам качества, и в первую очередь петрографические параметры, которые отражают исходный растительный материал, условия его накопления и преобразования. Проведение широких петрографических исследований углей позволяет накопить значительный экспериментальный материал для установления связей между петрографическими особенностями и химико-технологическими свойствами углей, такими, как спекаемость, коксуемость, обогатимость и др [1, 2].

### **Литература**

1. Жемчужников Ю.А., Гинзбург А.И. Основы петрологии углей. М., Изд. АН СССР. 1960. 400 с.
2. Штах Э., Маковски М.-Т., Тейхмюллер М., Тейлор Г., Чандра Д., Тейхмюллер Р. Петрология углей. Пер. с англ. Глушнев С.В., Дубровского В.В., Хасиной А.И. М., «Мир». 1978. 554 с.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА С РЕАКЦИОННОСПОСОБНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

**Кабак А.С.<sup>1,2</sup>, Сафаров Л.Ф.<sup>1,2</sup>, Андрейков Е.И.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, <sup>2</sup>ОАО «ВУХИН», г. Екатеринбург  
e-mail: kas@ios.uran.ru

Исследованы процессы термического взаимодействия каменноугольного пека с высокомолекулярными органическими соединениями, содержащими фенольные фрагменты, такими как новолачная и эпоксидная смолы и поликарбонат, в интервале температур 320-420°C. Проведение процесса в среде каменноугольного пека изменяет механизм термической деструкции смол и поликарбоната. Модифицированный в результате химического взаимодействия с полимерами каменноугольный пек может быть использован в качестве сырья для получения углеродных материалов.

Процессы совместной термической обработки каменноугольного пека и полимеров могут быть использованы для модификации каменноугольного пека [1], получения углеродных материалов [2], утилизации полимерных отходов [3].

В работе исследованы закономерности термического взаимодействия каменноугольного пека с высокомолекулярными органическими соединениями, содержащими фенольные фрагменты. Показано, что при 320-420°C в среде каменноугольного пека удается разрушить структуру смол и поликарбоната и получить с высоким выходом фенольные продукты, преимущественно, фенол и метилзамещенные фенолы из новолачной смолы, смесь фенола и р-изопропилфенола из эпоксидной смолы и поликарбоната. Кроме того, в присутствии каменноугольного пека снижается температура деструкции поликарбоната.

Высокий выход фенольных продуктов при проведении термообработки в среде каменноугольного пека обусловлен переносом водорода от соединений каменноугольного пека к радикальным продуктам термической деструкции смол и поликарбоната. Перенос водорода происходит от ароматических соединений, составляющих основу каменноугольного пека, и инициирует реакции дегидроконденсации и дегидроциклизации в каменноугольном пеке.

В результате реакций изменяются свойства каменноугольного пека: возрастают температура размягчения, количества нерастворимых в толуоле и хинолине веществ, снижается выход летучих веществ. Модифицированные каменноугольные пеки, полученные после термообработки в них реакционноспособных органических соединений, состоят преимущественно из соединений исходного пека, претерпевших химические превращения. Модифицированные каменноугольные пеки могут быть использованы в качестве сырья для получения углеродных материалов.

### **Литература**

1. H. De-min, G. Jun, Zh. Shu-chang, Zh. Qiu-min. Modification of coal tar pitch to reduce the carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons. *Applied Mechanics and Materials*. 2013. V. 295-298. P. 3098-3103.
2. J. Machnikowski, P. Rutkowski, M.A. Diez. Co-treatment of novolac- and resole-type phenolic resins with coal-tar pitch for porous carbons. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*. 2006. V. 76. I. 1-2. P. 80-87.
3. Е. И. Андрейков, А. С. Кабак, М. Г. Переева. Использование каменноугольного пека для утилизации отработанной фенольной смолы. *Кокс и химия*. 2016. №12. С. 22-27.

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВЫ МХОВ И ЛИШАЙНИКОВ КАК МАРКЕРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА ПРОКОПЬЕВСКА

**Калашникова Д.А., Мелков В.Н., Симонова Г.В.**  
ИМКЭС СО РАН, г. Томск, e-mail: [terrezaprk@mail.ru](mailto:terrezaprk@mail.ru)

Представлены результаты определения элементного и изотопного составов мхов и лишайников, собранных в городе Прокопьевске и его окрестностях. Было обнаружено 20 химических элементов в образцах, собранных в 2016–2017 гг. Результаты исследований свидетельствуют о неблагоприятной экологической обстановке в городе Прокопьевске.

При исследовании степени загрязнения окружающей среды промышленными объектами важна реакция биологических объектов на загрязняющие вещества. Одними из наиболее известных биологических индикаторов являются лишайники, чувствительность которых обусловлена их физиологией и симбиотической природой [1]. Известно, что изотопный состав стабильных изотопов лишайников [2], мхов [3] и растений чувствителен к условиям среды, однако сведения о его зависимости от условий антропогенно изменённой среды ограничены.

Цель проведенного исследования заключалась в выявлении возможности использования элементного анализа и изотопного анализа стабильных изотопов углерода и азота в лишайниках и мхах как методов контроля антропогенной нагрузки на территории г. Прокопьевска.

В результате исследования с помощью электронного микроскопа ТМ-1000 с рентгеноспектральным анализатором (ТомЦКП СО РАН) был проведен рентгеноспектральный анализ золы, полученной при сжигании мхов и лишайников. В результате в их составе выявлено наличие широкого спектра микроэлементов – Fe, Ti, Mg, Cr, Al, Cl, S и др. Наиболее часто были обнаружены Fe, Mg и Al, Cl. Вариации изотопного состава  $\delta^{13}\text{C}$  у лишайников составили от -27,81‰ до -21,53‰, а у мхов – от -34,59‰ до -24,92‰. Так как исследуемые мхи и лишайники произрастают в одинаковых климатических условиях, то можно предположить, что вариации изотопного состава не зависят от изменений климатических параметров. Следовательно, утяжеление изотопного состава мхов и лишайников вызвано антропогенной нагрузкой, что подтверждают и данные рентгеноспектрального анализа.

### **Литература**

1. А.В.Пчёлкин. Использование лишайников и водорослей в экологическом мониторинге и биоиндикационных исследованиях, [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru).
2. Л.Г. Бязров. Стабильные изотопы углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) в талломах лишайника *Hypogymnia physodes* в высотном градиенте Хангайского нагорья (Монголия) // Ботанический журнал. – 2011. – Т. 96. – №4. – Стр. 481–493.
3. Grzegorz Skrzypek, Adam Kałuzny, Mariusz O. Jedrysek. Carbon Stable Isotope Analyses of Mosses – Comparisons of Bulk Organic Matter and Extracted Nitrocellulose // J Am Soc Mass Spectrom – 2007. – 18. – 1453–1458. doi:10.1016/j.jasms.2007.04.020.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ ТУВЫ

Кара-сал Б.К., Сапелкина Т.В.

ФГБУН Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов  
СО РАН г. Кызыл, e-mail: [sapelkina\\_geotom@mail.ru](mailto:sapelkina_geotom@mail.ru)

В результате исследований выявлены химико-минералогические и структурные особенности вскрышных пород угледобычи Тувы, что позволяет их рассматривать как алюмосиликатное сырье для производства керамических и стеновых материалов.

Наполненные в огромном количестве в отвалах Каа-Хемского, Усть-Элегестского и Чаданского угольных разрезах (Республика Тыва) вскрышные породы угледобычи создают серьезные экологические и экономические проблемы, решение которых требует, прежде всего, оценки качества указанных отходов промышленности. Изучение вскрышных сопутствующих пород при добычи каменного угля открытым способом показало, что они представлены песчаниками, глиежами и аргиллитами осадочного и метаморфического происхождения, которые подвергнуты уплотнению и термической обработке.

Исследованный химический состав вскрышных пород соответствует алюмосиликатному сырью с содержанием оксидов кремния и алюминия 75-84 %, железистых элементов (5-8 %) и щелочноземельных оксидов (CaO и MgO, 4-5 %). В усть-элегестских аргиллитах при оптимальном содержании SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в значительном количестве присутствуют щелочные оксиды (K<sub>2</sub>O и Na<sub>2</sub>O) более 4 %, что важно при получении керамических изделий. Чаданские глиежи характеризуются низкой потерей массы при прокаливании (0,1-0,3 %), что свидетельствует об интенсивном протекании термических процессов при самовозгорании угля.

Изучение минерального состава вскрышных пород угледобычи выявило, что в песчаниках Каа-Хемского угольного разреза наряду с кварцем и альбитом содержатся кальцит и биотит. В глиежах Чаданского участка в значительном количестве (70-74 %) присутствует кварц, анортит (18-20 %), гетит (8-10 %) и слюда. В аргиллитах Усть-Элегестского разреза кроме кварца и ортоклаза, установлено наличие монтмориллонита (16-20 %), что позволяет отнести к глинистым, уплотненным породам. По огнеупорности песчаники и глиежи относятся к тугоплавким, а глинистые аргиллиты к легкоплавким породам.

В структурном отношении каа-хемские песчаники сложены из мелких зерен кварца в сочетании с полевошпатными частицами. Усть-элегестские глинистые аргиллиты в силу нахождения под большим давлением имеют слоистую структуру, т.к. частицы минералов сильно уплотнены. В отвалах наблюдается самораспад аргиллитовых кусков на более мелкие частицы. Структура Чаданских глиежей характеризуется как плотная, где между зернами кварца сильно сжаты частицы ортоклаза и анортита.

При механической обработке наибольшую разламываемость имеют усть-элегестские аргиллиты, чем песчаники и глиежи. Из-за интенсивного спекания глиежи обладают повышенной прочностью (64-72 МПа), чем песчаники (52-58 МПа).

По химико-минералогическим составам и структурным характеристикам вскрышные породы пригодны как алюмосиликатное сырье для производства строительных материалов.



## ПАРОУГЛЕКИСЛОТНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ

<sup>1</sup>Кирилов К.О., <sup>1</sup>Азиханов С.С., <sup>1,2</sup>Богомолов А.Р., <sup>3</sup>Шевырёв С.А.

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, e-mail: Kirilovko@kuzstu.ru

<sup>2</sup>Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск

В работе представлены результаты исследования процесса пароуглекислотной газификации каменного угля разреза «Междуреченский». Показано отличие по составу получаемого синтез-газа от процесса паровой бескислородной газификации, проведенной в сопоставимых условиях.

Одним из наиболее эффективных способов глубокой переработки угля является газификация [1]. В результате такого процесса получается генераторный газ. С точки зрения дальнейшего нетопливного использования получаемого газа, в его составе должно быть как можно больше CO и H<sub>2</sub>. Однако максимальный выход этих газов наблюдается при паровой газификации [1]. Существенным недостатком паровой газификации является стоимость получаемого синтез-газа. Снизить стоимость можно при получении перегретого пара путем смешения низкотемпературного пара (150°C) и продуктов сгорания стехиометрической смеси метана и кислорода, реализуя, таким образом, пароуглекислотную газификацию [2]. Полученные первичные экспериментальные результаты (рис.1) показывают, что при паровой и парокислородной газификации получается генераторный газ с существенно отличающимся составом.

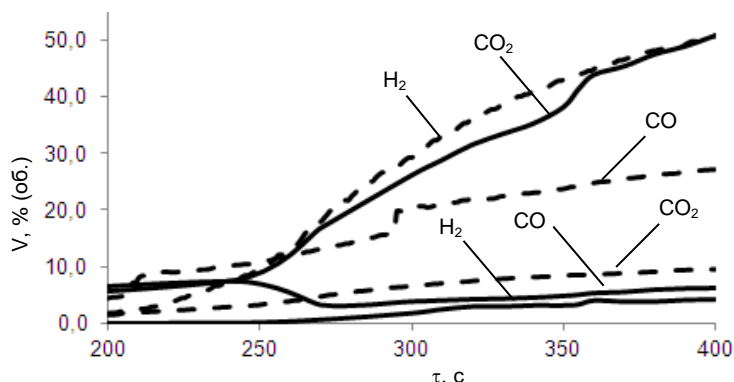


Рис. 1 Зависимость объемной концентрации основных компонентов синтез-газа от времени ведения процесса. Сплошные линии – пароуглекислотная газификация при 906°C, пунктирные линии – паровая газификация при 888°C. Газифицируемое вещество – карбонизированный уголь разреза «Междуреченский»

Синтез-газ при пароуглекислотной газификации характеризуется крайне высоким содержанием CO<sub>2</sub>, что является существенным ограничением его использования в промышленности. Исследование оптимальных режимных параметров осуществления процесса пароуглекислотной газификации при этом является одной из актуальных задач.

### Литература

1. Богомолов, А. Р. Перспективы высокотемпературной газификации угля и шлама / А.Р. Богомолов, С.А. Шевырёв, М.В. Алексеев // Теплоэнергетика. - 2013. - № 2. – С.76-80.

2. Прибатурин, Н.А. Горение смеси метан-кислород в среде перегретого водяного пара атмосферного давления / Н.А. Прибатурин, О.О. Мильман, А.Р. Богомолов, С.А. Шевырёв, С.С. Азиханов // Изв. Томского политехнического ун-та. – 2015. Т326. №12. – С. 39-44.

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ПЕКОВЫХ ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ УГЛЯ

**Косицына С.С.<sup>1</sup>, Кузнецов П.Н.<sup>2</sup>, Бурюкин Ф.А.<sup>1</sup>, Обухова А.В.<sup>2,1</sup>,**

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Сибирский Федеральный Университет Институт нефти и газа,  
г. Красноярск, e-mail: fbur@mail.ru

<sup>2</sup> Институт химии и химической технологии СО РАН, Федеральный  
исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»,  
г. Красноярск, e-mail: lab9team@rambler.ru

The influence of various types solvents and their mixtures on the properties of pitch products obtained in the process of thermal dissolution coal was investigated. The technology of obtaining pitch products with the given properties has been optimized.

В связи со сложившимся дисбалансом между падающим производством и растущим спросом на каменноугольный пек технологии получения заменителей пека, минуя процесс коксования, вызывают повышенный интерес. Для получения альтернативного пека представляют интерес процессы термохимической переработки углей в среде органических растворителей.

Ранее в наших работах было изучено терморастворение углей различных стадий метаморфизма с целью получения пекоподобных продуктов [1,2]. Наиболее высокие показатели по выходу экстрактов были получены при терморастворении каменных углей марок ГЖ и Ж при температурах 350-380 °С в среде антраценовой фракции смолы коксования.

Следует отметить, что содержание канцерогенных полициклических углеводородов, в частности бенз(а)пирена, в альтернативном пеке ниже, чем в традиционном каменноугольном пеке и зависит от природы применяемого растворителя. Замена антраценовой фракции другими видами растворителей позволит дополнительно снизить содержание бенз(а)пирена в пеках. Представляет интерес возможность использования в качестве органических растворителей нефтяных остатков, смолы полукоксования и их смесей, а также продуктов, полученных в результате облагораживания этих растворителей.

В работе исследовано влияние природы растворителя на свойства пекового продукта, получаемого путем термического растворения угля.

В качестве растворителя использовали тяжелый газойль каталитического крекинга, тяжелую смолу полукоксования, а также продукты их каталитического гидрооблагораживания.

Показана эффективность применения различного типа растворителей и их смесей в процессе терморастворения каменного угля. На основании проведенных экспериментов оптимизирована технология получения пековых продуктов с заданными свойствами.

### **Литература**

1. Kuznetsov P.N., Marakushina E.N., Kazbanova A.V. и др. // Am. J of Appl. Sci. V. 13(1). P. 7-13.
2. Kuznetsov P.N., Kolesnikova S.M, Kuznetsova L.I., Kazbanova A.V. // Am. J of Appl. Sci. V.13(3). P. 236-242.

## МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ ИЗ УГЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА ПРИ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

**Крафт Я.В., Нурмухаметов Д.Р., Адуев Б.П., Исмагилов З.Р.**

*Институт углекимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово, e-mail: lesinko-iuxm@yandex.ru*

В работе использовался метод масс спектрометрии для исследования конечных продуктов воздействия импульсного лазерного излучения (1064 нм, 120 мкс) на угли. В качестве образцов использовалась угольная пыль размером до 63 мкм и изготовленные из нее прессованные таблетки. Полученные результаты показали, что в результате воздействия лазерного излучения осуществляется существенный нагрев образцов, происходит загорание с образованием продукта горения.

Помимо сжигания в качестве энергетического ресурса, уголь также используется и в виде сырья в процессах химической конверсии, например, гидрирование угля, газификация и т.д. Пиролиз является важным этапом в этих процессах термического превращения. Содержащиеся в угле углеводороды при пиролизе не сгорают, а выделяются из него в виде газа или жидких фракций. Большое количество работ по исследованию термического разложения угля производятся с помощью реакторов пиролиза. В литературе также отмечается, что лазерное излучение может являться одним из перспективных инструментов для целей термического разложения угля [1-3].

В данной работе использовался метод ионизационной масс спектрометрии для исследования продуктов лазерной десорбции углей Кузнецкого бассейна.

В качестве источника лазерного излучения использовался импульсный лазер на иттрий алюминиевом гранате активированный неодимом. Использовалось излучение первой гармоники – 1064 нм. Лазерное излучение формировалось в режиме свободной генерации со средней длительностью импульса 120 мкс.

В качестве прибора регистрирующего выделяющиеся газообразные продукты реакции воздействия лазерного излучения на образцы использовался газоанализатор SRS QMS-300A. В качестве объектов исследования были выбраны угли Кузнецкого бассейна: бурый, длиннопламенный газовый и коксовый. Размерная фракция угольных частиц составляла диапазон < 0.06 мм. Образцы, из частиц угля, изготавливались в форме прессованных до плотности 1 г/см<sup>3</sup> таблеток (диаметром 14 мм, толщиной 4 мм, массой 1 г)

Эксперименты проводились в среде воздуха, азота и аргона. Диапазон значений m/z в эксперименте составлял от 1 до 300 m/z.

Было обнаружено, что в продуктах реакции (как в атмосфере воздуха, азота, так и аргона) существенно преобладают пики с m/z 2, 18, 44, что соответствует основным пикам молекул H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>. В зависимости от сорта угля относительная интенсивность пиков отличается. Наибольшее газовыделение при воздействии лазерного излучения на образцы зафиксировано в случае образца бурого угля.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

### **Литература**

1. *Ignition and combustion of laser-heated pulverized coal / Qu Mingchang [et al.] // Fuel. – 1996. – V. 75. – P. 1155-1160.*
2. *Laser ignition and flame propagation of pulverized coal dust clouds / Masayuki Taniguchi [et al.] // Twenty-Sixth Symposium (International) on Combustion. – 1996. – P. 3189-3195.*
3. *Investigations of coals by on-line coupled laser desorption:gas chromatography:mass spectrometry (LD:GC:MS) / Werner Janitschke [et al.] // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2000. – V. 56. – P. 99-111.*

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПИРИДИНОВЫХ ОСНОВАНИЙ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ С КАТИОНИТАМИ

Остапова Е.В., Альтшулер Г.Н.

Институт углекими́и и химического материаловедения Федерального  
исследовательского центра угля и углекими́и СО РАН  
e-mail: [ostapova.bk.ru](mailto:ostapova.bk.ru)

Рассмотрена сорбция хинолина, изохинолина, хинальдина и пиколинов из водных растворов на сульфокислотных катионитах полистирольного типа и полимерном фосфате циркония в форме катионитов меди и железа.

Продукты коксования и полукоксования каменных или бурых углей содержат ряд пиридиновых оснований, используемых при производстве лекарственных веществ, например, противотуберкулёзных препаратов на основе изоникотиновой кислоты, никотиновой кислоты - действующего веществом ниацина (витамина В<sub>3</sub>). Мировой спрос на никотиновую кислоту и ее производные неуклонно растёт и по некоторым прогнозам [1] к 2020 году достигнет 100000 тонн. В настоящее время в ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН ведётся [2] разработка научных основ нанореакторного получения пиридинкарбоновых кислот окислением пиридиновых оснований каменноугольной смолы. В качестве нанореакторов для процессов окисления используются [2-3] органические и неорганические катиониты.

В данной работе рассмотрено взаимодействие растворов ряда тяжёлых и лёгких пиридиновых оснований каменноугольной смолы с сульфокислотными катионитами полистирольного типа (КУ-2-4 и КУ-2-8) и полимерным фосфатом циркония в форме катионитов меди и железа. Определена ёмкость катионитов по хинолину, изохинолину, хинальдину и 3-пиколину, вычислены коэффициенты распределения пиридиновых оснований между фазами катионита и раствора. Изучена химическая устойчивость катионитов в окислительной среде.

Сульфокислотный катионит полистирольного типа КУ-2-4 в форме катионов меди представляет интерес для разработки лигандно-сорбционных способов разделения смесей пиридиновых оснований каменноугольной смолы с целью расширения сырьевой базы малотоннажной химии. Полимерный фосфат циркония в форме катионов железа может быть использован в качестве нанореакторов в процессах окисления лёгких пиридиновых оснований до пиридинкарбоновых кислот.

### Литература

1. Goncalves Elsa M., Bernardes Carlos E. S., Diogo Hermi´nio P., Minas da Piedade Manuel E. *Energetics and Structure of Nicotinic Acid (Niacin)* // *J. Phys. Chem. B*, 2010, 114, 5475–5485.
2. Абрамова Л.П., Альтшулер О.Г., Малышенко Н.В., Остапова Е.В., Сапожникова Л.А., Малышева В.Ю., Попова А.Н., Альтшулер Г.Н. *Твердофазные нанореакторы для окисления алкилпиридинов* // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2015. Т. 23. № 2. С. 151-156.
3. Sapozhnikova L., Altshuler O., Malysenko N., Shkurenko G., Ostapova E., Tryasunov B., Altshuler H. *Solid phase nanoreactor based on polycalixresorcinarene for catalytic processes with participation of hydrogen and oxygen* // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2010. Т. 36. № 1. С. 1259-1261.
4. Абрамова Л.П., Альтшулер О.Г., Малышенко Н.В., Остапова Е.В., Сапожникова Л.А., Шкуренко Г.Ю., Альтшулер Г.Н. *Получение физиологически активных соединений окислением индивидуальных компонентов каменноугольной смолы в твёрдофазных нанореакторах* // *Вестник КузГТУ*. - 2014. - Т.4. - С. 77-82

**ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ,  
ПОЛУЧЕННЫЕ ТЕРМОРАЗЛОЖЕНИЕМ АЗИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ  
МЕТАЛЛОВ В ПОРАХ  
УГЛЕРОДНЫХ МАТРИЦ**

**Захаров Ю.А.<sup>1,2</sup>, Федорова Н.М.<sup>1</sup>, Т.А. Ларичев<sup>1,2</sup>, В.М. Пугачев<sup>1</sup>,  
В.Г., Додонов<sup>1</sup>, Т.С. Манина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Кемеровский государственный университет

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр угля и углекимии СО РАН,  
г. Кемерово

E-mail: t-larichev@yandex.ru

Разработан способ получения наноструктурированного композита С/Со<sub>3</sub>О<sub>4</sub> методом терморазложения азида кобальта в углеродной матрице и изучены его физико-химические свойства.

Перспективными устройствами накопления и хранения электрической энергии, сочетающими высокую энергоемкость и относительно высокую выходную мощность, являются суперконденсаторы (СК). Исследования показали, что наивысшие емкостные характеристики могут быть достигнуты на СК с электродами на основе наноструктурированных композитных материалов (НСКМ) типа высокопористая углеродная матрица/оксид (гидроксид) металла с переменной валентностью. Перспективным для создания НСКМ с высокими функциональными свойствами представляется новый подход, основанный на использовании высокоэнергетических соединений (ВС) типа азидов в качестве прекурсоров для наполняющих матрицу наноразмерных частиц оксидов металлов.

Нами разработан способ получения НСКМ для СК путем терморазложения азида кобальта в порах углеродных матриц различных видов: «Карбонизат», полученный из окисленного в естественных условиях каменного угля (месторождение «Шестаки», Кузнецкий угольный бассейн), пористый углеродный материал (ПУМ) «Кемерит», полученный карбонизацией при высоких температурах смеси гидрохинон-фурфурол в ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН и ПУМ «Сибунит» марки ТУ-145 производства ИППУ СО РАН.

Для получения композита углеродную матрицу пропитывали раствором азида кобальта и после высушивания подвергали термическому воздействию. Полученные образцы исследовали методами электронной микроскопии, дифференциальной термогравиметрии в сочетании с масспектрометрией, рентгеновской дифрактометрии и малоуглового рассеяния рентгеновского излучения.

Установлено, что разложение азиды кобальта происходит в порах матриц при температурах 160-210°C в невзрывном и взрывном режимах (последнее – в образцах с содержанием азиды кобальта свыше 20% масс). Методом РФА и малоуглового рассеяния было показано, что продуктом разложения азиды кобальта на воздухе являются наноразмерные частицы Со<sub>3</sub>О<sub>4</sub> со средним размером, не превышающим 10 нм. Полученные НСКМ имеют электрическую емкость до 160 Ф/г.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.



## КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ И АНТРАЦИТОВ БУНГУРО-ЧУМЫШСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МАРОЧНЫЙ СОСТАВ

Гинтова Н.В., Миллер О.А.

ООО «СИГД», г. Кемерово, e-mail: O.A.Miller@yandex.ru

Рассмотрена ситуация с неподтверждением марочного состава углей при эксплуатации угледобывающего предприятия. Выполнен анализ ГОСТов, определяющих марочный состав. Предложены возможные решения данной проблемы.

Холдинговая компания СДС-Уголь входит в тройку лидеров по уровню добычи угля в России. Марочный состав углей, поставленных на баланс предприятий, входящих в структуру АО ХК «СДС-Уголь», определялся в разные периоды. С 60-х годов по настоящее время сменились три ГОСТа, определяющие марочный состав. Ряд предприятий столкнулся с проблемой неподтверждения марочного состава углей при эксплуатации, в связи с чем возникла необходимость уточнения марочного состава.

Так, при отработке запасов участка «Бунгурский Южный» угли марки А, согласно действующему ГОСТу (25543-2013), стали относиться к марке Т. Анализируя результаты опробования на предмет выхода летучих веществ, наблюдалась закономерность:  $V^{daf}$  остается повышенным в зоне влияния физического выветривания. При удалении от зоны выветривания значения  $V^{daf}$  остаются повышенными, при этом теплота сгорания углей варьируется от 35,33 МДж/кг до 36,04 МДж/кг, что говорит о наличии марочных углей. Поэтому, можно сделать вывод, что ниже границы физического выветривания залегают каменные угли с показателем  $V^{daf}$  от 8,0 и выше. Это позволяет их отнести к тощим углям с пограничными показателями.

Среднее значение результатов анализов выхода летучих веществ по данным 1975 г составило  $V^{daf}_{cp} = 6,689$ , а среднее значение выхода летучих веществ по данным горных работ 2011-2014 гг. –  $V^{daf}_{cp} = 9,011$ . На основании этого было выявлено среднее отклонение результатов разведочных работ 1974 г. и горных работ 2011-2014 гг., что составило 2,3%. Это отклонение объясняется тем, что в 1974 году при определении выхода летучих веществ применялся ГОСТ 6382-75, где указана температура, при которой должно проводиться лабораторное исследование, 850°C и все пробы 1974 года анализировались согласно данному ГОСТу. В современных условиях действует ГОСТ 55660-2013, где температура, при которой определяется показатель выхода летучих, равна 900°C. Разность в температурных режимах может давать расхождение в 1,5-2,0%. Если от всех пограничных значений выхода летучих отнять получившийся поправочный коэффициент 2,3%, то часть угля марки А автоматически переходит в марку Т.

В результате проделанной работы уточнены марочные показатели и марочный состав углей.

### Литература

1. Геологический отчет «Оперативное изменение состояния запасов каменного угля в границах лицензии КЕМ 14231 ТЭ на участке недр «Бунгурский Южный» Бунгурского каменноугольного месторождения ООО «Сибэнергоуголь» (геологическое строение, качество и запасы каменного угля по состоянию на 01.01.2014 г.)» / ООО «СИГД». – Кемерово, 2014. – 146 л. + прил.
2. ГОСТ 6382-75. Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ // NormaCS 3.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: "C:\Program Files\Nanosoft\NormaCS Client". – Загл. с экрана.
3. ГОСТ 25543-88. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам // NormaCS 3.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: "C:\Program Files\Nanosoft\NormaCS Client". – Загл. с экрана.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ СЫРОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО БЕНЗОЛА МЕТОДОМ ОЗОНОЛИЗА

**Михайлова Е.С., Исмагилов З.Р**

*Институт углекимиии и химического материаловедения Федерального  
исследовательского центра угля и углекимиии СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: e\_s\_mihaylova@mail.ru*

В работе представлены результаты исследования процесса очистки сырого каменноугольного бензола от сернистых и непредельных соединений с применением метода озонлиза.

Бензол является важным продуктом нефтехимической промышленности, используемым при производстве веществ и материалов различного назначения. Значительный интерес для получения бензола и других ароматических углеводородов представляют продукты коксохимиии. Практически все процессы переработки каменноугольного бензола в России основаны на сернокислотном и каталитическом методах очистки от сернистых и непредельных соединений. С развитием малотоннажных производств актуальной задачей является разработка технологически более простых методов удаления серосодержащих соединений без применения водорода. Одним из таких методов является окислительная обработка озон-кислородной смесью.

Озонирование проводили в термостатируемом реакторе объемом 50 мл. с непрерывной подачей озон-кислородной смеси при атмосферном давлении, температурах от 25 до 75 °С, концентрациях озона от 15 до 60 мг/л и продолжительности процесса от 30 до 120 мин. Концентрацию озона на входе и выходе из реактора определяли в непрерывном автоматическом режиме с помощью прибора ИКО-02.

Найдены оптимальные условия проведения процесса окисления – температура 25 °С, продолжительность 60 мин., концентрация озона 30 мг/л. При указанных условиях озонлиза окислялось до 75 % тиофена. Показано, что при озонировании сырого бензола протекают селективные реакции окисления отдельных групп органических соединений. Увеличение времени окисления и повышение температуры нецелесообразно, так как с их ростом в реакционной смеси интенсифицируются процессы полимеризации непредельных соединений с образованием смолистых веществ. При технологическом получении товарного бензола процессы полимеризации нежелательны, так как приводят к осмолению технологического оборудования.

Таким образом, впервые выполнены комплексные исследования процесса озонирования сырого каменноугольного бензола. Получены новые качественные и количественные данные об изменении его компонентного состава в зависимости от продолжительности, температуры и концентрации озона в процессе озонлиза.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ И СЖИГАНИЮ УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ С ОЧИСТКОЙ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Мурко В.И.<sup>1</sup>, Исмагилов З.Р.<sup>1,2</sup>, Михайлова Е.С.<sup>1,2</sup>, Хямяляйнен В.А.<sup>1</sup>,  
Тайлаков О.В.<sup>1,2</sup>, Мاستихина В.П.<sup>1</sup>, Карпенко В.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф.Горбачева, Кемерово,

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной СО РАН, Кемерово  
e-mail: sib\_eco@mail.ru

В работе представлены результаты испытаний экспериментального комплекса по приготовлению и сжиганию угольных топлив с очисткой дымовых газов, созданного в рамках выполнения Российско-Китайского проекта № 14.583.21.0004.

В рамках реализации Российско-Китайского научно-технического проекта на базе КузГТУ создана пилотная установка по очистке дымовых газов тепловых электростанций угольной генерации от оксидов серы и азота в полупромышленных условиях.

Пилотная установка состоит из **установки приготовления угольных топлив**, включающей:

- реактор-смеситель;
- бикамерную вибромельницу;
- участок подготовки серопоглощающего агента (СПА);
- компрессорную установку.

**установки сжигания топлив**, включающего:

- специализированный водогрейный котел с топкой, в которой реализуются два способа сжигания угольного топлива - вихревой и слоевой;
- систему эвакуации дымовых газов;
- систему съёма тепловой нагрузки котла;

**блока очистки отходящих газов**, включающего:

- двухстадийную систему пылеулавливания;
- блок каталитической очистки дымовых газов;
- блок абсорбционной очистки дымовых газов.

Ввод серопоглощающего агента (СПА) в зону горения угольных топлив предусмотрен в двух вариантах:

- подача СПА в топливо при его подготовке к сжиганию;
- подача СПА непосредственно в топку котла по индивидуальной схеме.

Проведение испытаний на пилотной установке показали, что очистка дымовых газов:

- от оксидов серы с использованием СПА в виде доломита составляет 70-90%;
- от оксидов серы с использованием абсорбционной очистки достигает 95%;
- от оксидов серы с использованием каталитической очистки 93-98%;
- от оксидов азота с использованием каталитической очистки до 93,4%;
- от пыли с применением двухступенчатой очистки не менее 98%.

Результаты работы позволяют заключить, что разработанная в процессе выполнения проекта технология снижения концентраций вредных компонентов в образующихся дымовых газах электростанций угольной генерации в достаточной степени эффективна, и ее следует рекомендовать к внедрению на действующих и проектируемых энергетических объектах.



## **К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ (ОРО) И ТЕРРИТОРИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ПРЕДЕЛАХ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Минибаев Р.Р., Корчагина Т.В., Дятлова Г.А., Новикова Я.А.**  
ООО «Сибирский Институт Горного Дела», г. Кемерово,  
e-mail: ya.porova@pk-ugol.ru

Выполнен анализ действующих нормативных документов, содержащих требования к организации и осуществлению наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды на территориях объектов размещения отходов (ОРО) и в пределах их воздействия на окружающую среду. Рассмотрены проблемные вопросы мониторинга ОРО. Предложена систематизация и обобщение рекомендаций для мониторинга основных показателей, характеризующих состояние и загрязнение окружающей среды на территориях ОРО угледобывающих предприятий.

Согласно требованиям ст. 11 и 12 ФЗ № 89 «Об отходах производства и потребления» [1], на территориях объектов размещения отходов (ОРО) и в пределах их воздействия на окружающую среду собственники данных объектов, а также лица, во владении или в пользовании которых они находятся, обязаны проводить мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды.

В настоящее время, у большинства недропользователей, эксплуатирующих ОРО, отсутствует в полной мере понимание порядка проведения мониторинга основных показателей, характеризующих состояние и загрязнение окружающей среды на территории таких ОРО как породные отвалы и шламохранилища. Основными нормативными документами, регулирующими вопросы мониторинга объектов размещения отходов, являются:

– ГОСТ Р 56060-2014 «Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов» [2]. Данный стандарт наиболее полно содержит в себе требования к мониторингу для полигонов твердых бытовых отходов, как для самых распространенных ОРО. Для остальных промышленных объектов основным руководством к действию является п.4.7 данного документа: «для объектов размещения промышленных отходов программы мониторинга разрабатывают с учетом свойств размещаемых отходов»;

– Приказ Минприроды РФ № 66 от 04.03.2016г [3]. В пункте 1 данного Приказа установлены требования к организации и осуществлению наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды на территориях объектов ОРО, а также требования к оформлению и предоставлению полученных результатов. Однако, приказ № 66 содержит исключительно требования к составу и содержанию программы мониторинга состояния окружающей среды на территориях ОРО и требования к составу и содержанию отчета о результатах мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды на территориях ОРО, что вызывает массу вопросов, связанных с выбором контролируемых параметров для угледобывающих предприятий.

Данная работа систематизирует действующие нормативные документы и содержит в себе конкретные рекомендации для мониторинга основных показателей, характеризующих состояние и загрязнение окружающей среды на территориях ОРО угледобывающих предприятий и в пределах их воздействия на окружающую среду.

## СРАВНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ И МАГНИЙ-ФОСФАТНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Шишкова Д.К.<sup>1</sup>, Кутихин А.Г.<sup>1</sup>, Ефимова О.С.<sup>2</sup>, Пищеренко А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», г. Кемерово

<sup>2</sup>Институт углекими́и и химического материаловедения Федерального исследовательского центра угля и углекими́и Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово

<sup>3</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Ростов-на-Дону, e-mail: pishcherenkoaa@gmail.com

Известно, что кальций-фосфатные наночастицы (КФНЧ) формируются в крови человека при повышении уровня кальция и фосфора и/или снижении уровня антикальцифицирующих белков. Ранее было показано, что КФНЧ также могут быть искусственно синтезированы путем добавления  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  в питательную среду DMEM (Dulbecco's modified Eagle's medium) с 10% фетальной бычьей сывороткой, способны повреждать артерии человека и являются одним из пусковых факторов развития атеросклероза. Однако остается неясным, является ли их токсическое действие специфичным или характерно для всех минерало-органических наночастиц. В качестве группы сравнения для последующих экспериментов по оценке токсичности путем добавления  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  в среду DMEM с 10% фетальной бычьей сывороткой были синтезированы магний-фосфатные наночастицы (МФНЧ). После ультрацентрифугирования ( $200,000 \times g$ ), растворения в деионизированной бидистиллированной воде и лиофильной сушки был проведен сравнительный анализ КФНЧ и МФНЧ методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, атомно-силовой микроскопии, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, атомно-эмиссионной спектроскопии, высокотемпературного каталитического окисления, инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье, рентгеновской дифрактометрии, динамического рассеяния света и электрофореза в полиакриламидном геле с последующим окрашиванием нитратом серебра. Как КФНЧ, так и МФНЧ представляли собой сферические частицы губчатой структуры диаметром от 75 до 150 нм и были способны агрегировать в кластеры с общим диаметром от 300 до 1000 нм. Элементный анализ позволил выявить, что КФНЧ состояли из углерода, кислорода, азота, водорода, кальция и фосфора, а МФНЧ – из тех же элементов и магния. Содержание углерода, кислорода, азота, водорода, кальция и фосфора в обоих типах наночастиц было схожим. Как в КФНЧ, так и в МФНЧ были обнаружены фосфатные, карбонатные и гидроксильные группы. Однако, если КФНЧ состояли из гидроксиапатита и карбонат-гидроксиапатита, то МФНЧ – из магния фосфат гидрата и хантита. Наконец, было выявлено, что КФНЧ и МФНЧ адсорбируют из сыворотки крови одни и те же белки и вследствие этого обладают сходным белковым профилем. Таким образом, можно сделать вывод, что МФНЧ являются идеальной группой сравнения для оценки токсичности КФНЧ, что может быть использовано как в экспериментальной кардиологии, так и в экологии человека.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКОЙ МАССЫ УГЛЯ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Журавлев Ю.Н., Порохнов А.Н.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово,  
e-mail: [porohnov@gmail.com](mailto:porohnov@gmail.com)

В рамках теории функционала электронной плотности в базисе локализованных орбиталей гибридным B3LYP функционалом получена структурная модель органической массы угля с химической формулой  $C_{100}H_{79}O_7NS$ . Проведено сравнение модели с известными экспериментальными данными для углей различных марок и исследованы её сорбционные свойства по отношению к  $CH_4$ ,  $CO_2$  и  $H_2O$ . Показано, что макромолекула органической массы угля имеет объемную структуру, внутри которой располагается пора.

Элементный состав органической массы угля (ОМУ), структура макромолекул и характер надмолекулярного структурирования определяют основные физико-химические и технологические свойства углей. Одна из основных проблем углекимии заключается в прогнозировании физико-химических свойств ОМУ по данным структурно-химических показателей – элементного, функционального и фрагментного. Целью настоящего исследования является установление, методами компьютерного моделирования, 3D-структуры органической массы угля и определение возможных путей сорбции метана, углекислого газа и воды.

В работе использовался метод теории функционала плотности (DFT) реализованный в программном пакете Firefly в версии B3LYP. Для изучения сорбционных свойств ОМУ необходимо учитывать межмолекулярное взаимодействие, для чего использовалась одна из перспективных методик DFT-D. В основе этого метода лежит аддитивная схема расчета энергии, а именно добавление дисперсионного корректирующего члена к DFT энергии.

В качестве базовой ОМУ была выбрана модель  $C_{100}H_{79}O_7NS$ . Эта структура содержит минимально возможное число атомов при котором соблюдается процентно-весовое содержание структурных элементов характерное для каменного угля: 83.2% углерода, 5.5% водорода, 7.7% кислорода, 1.1% азота и 2.2% серы. Коэффициент ароматичности данной структуры 0.7. Структура также хорошо согласуется с известными данными по содержанию в угле ароматического кислорода (2.22%) и по содержанию такого важного структурного фрагмента как  $CH_3$  (1.04%).

Проведенные в рамках теории функционала плотности гибридным B3LYP функционалом вычисления позволили разработать оптимальную схему расчета структур полициклических соединений и на их основе структуру ОМУ близкую по составу к каменному углю. Полученная 3D модель макромолекулы находится в согласии с известными экспериментальными данными, является объёмной ( $V=3848 \text{ \AA}^3$ ) и пористой. Размер поры составляет 1.64% от объема молекулярной модели структуры ОМУ.

На основе полученной модели ОМУ проведены исследования её сорбционных свойств. Предсказана модель физической адсорбции метана и воды в угле, при которой происходит процесс полимеризации с образованием таких структур как димер, тример и далее олигомер. Все полученные олигомеры располагаются у поверхности макромолекулы ОМУ вблизи поры. Взаимодействие между макромолекулой ОМУ и молекулами  $CO_2$  заключается в физической адсорбции в сочетании с химической адсорбцией. Некоторые из помещённых в пору молекул  $CO_2$  входят в состав ОМУ полностью либо частично, а оставшиеся размещаются у поверхности макромолекулы вблизи поры.

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЯ И ЕГО МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

**Празян Т. Л., Журавлев Ю. Н., Шаврин В. А.**  
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

В настоящей работе расчёты упругих постоянных выполнены из первых принципов в рамках теории функционала плотности с помощью пакета CRYSTAL14 в базисе линейных комбинаций атомных орбиталей и градиентном приближении к обмену и корреляции в варианте PBE. Для оценки упругих модулей поликристаллических материалов применяется усреднение величин, получаемых при расчетах монокристаллов, известная как процедура Фойгта-Реусса-Хилла. Рассчитана твердость по Виккерсу  $H$ , объемный модуль и модуль сдвига  $B$  и  $G$ , модуль Юнга  $E$ .

Уголь как один из видов энергетических материалов, относится к классу горючих веществ. Он содержит три различных типа неорганических составляющих: растворенные соли и другие неорганические вещества в каменноугольной воде; неорганические элементы, входящие в состав органических соединений мацеральных веществ; дискретные неорганические частицы (кристаллические или некристаллические).

Физико-механическими характеристиками, рассматриваемыми для изучения свойств минеральных угольных включений, являются: упругие постоянные и модули (объемный, сдвига, Юнга, коэффициент Пуассона), а также скорость распространения звука внутри угля. В таблице приведены некоторые из этих значений.

Таблица. Модуль сдвига  $G$ , модуль Юнга  $E$  и твердость по Виккерсу  $H$

Минерал	$G$ , ГПа	$E$ , ГПа	$H$
Кальцит	33.35	87.40	4.26
Доломит	45.47	116.71	6.33
Магнезит	62.78	156.95	9.64
Эвальдит	27.18	71.40	3.62
Норсетит	35.53	92.16	4.78
Арагонит	34.43	88.41	5.19
Стронцианит	31.06	80.08	4.67
Витерит	23.62	62.11	3.24

Модуль сдвига среднестатистического угля имеет порядок  $\sim 2.26$  ГПа, модуль Юнга  $\sim 5.33$  ГПа [1]. Коэффициент Пуассона среднестатистического угля порядка от 0.3 до 0.4 [2].

Имеет место зависимость модулей упругости и твердости от типа структуры, в которую кристаллизуются соответствующие минералы, в пределах каждой структуры для кальцита характеристики увеличиваются с ростом плотности материала. Также ведут себя гексагональные кристаллы смешанного состава эвальдит и норсетит. Для структуры арагонита, наоборот, модули с ростом плотности уменьшаются, так что для витерита твердость по Виккерсу является минимальной для всего ряда карбонатов. Подобные зависимости наблюдаются и для сульфатов.

Литература:

1. Karacan, C. O. *Elastic and shear moduli of coal measure rocks derived from basic well logs using fractal statistics and radial basis functions* // C. O. Karacan // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2009. – V. 46. – P. 1281-1295.
2. Chi, A. *The Model for Calculating Elastic Modulus and Poisson's Ratio of Coal Body* / A. Chi, L. Yuwei // *The Open Fuels & Energy Science Journal*, 2013. – V. 6. – P. 36-43.

## О СТРУКТУРНОМ АНАЛИЗЕ ГРАФИТОВ

Пугачев В.М.<sup>1</sup>, Попова А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Кемеровский госуниверситет, Кемерово

<sup>2</sup>ФИЦ угля и углекимиия СО РАН РФ, Кемерово

e-mail: vm1707@mail.ru

In this paper we carried out an analysis of the causes that affect the ratio of the intensities of the phase constituents of graphite. Texturing of materials can most significantly affect this phenomenon

Процессы превращения угля в графитоподобные материалы (ГМ) – одно из важнейших направлений современной углекимиия [1–3]. Как природные, так и искусственные ГМ представляют собой упаковки графеновых плоскостей (ГП) различными способами, поэтому ГМ часто являются полифазными. Основной метод определения способов укладки ГП в ГМ и фазового состава материалов – рентгеновская дифракция [4–6]. Фазовые составляющие устанавливаются разложением рефлекса 002, а также отражения во втором порядке – 004. Межплоскостные расстояния (MP) по второму рефлексу, безусловно, более точны, но соотношение интенсивностей фазовых составляющих может существенно отличаться от получаемого по рефлексу 002.

Как показывают расчеты, при регулярной упаковке ГП этих отклонений вообще не должно быть. Для упаковок с нарушением регулярности расстояний между ГП в элементарной ячейке отклонения возникают, но, в силу малых отклонений атомов от ГП, отклонения также невелики и слабо влияют на соотношение интенсивностей рефлексов различных фаз. Тем не менее, необходимо учитывать эти различия для корректного определения фазового состава.

Что касается сильных расхождений, основной причиной, по-видимому, является различный характер текстурирования составляющих фаз и различная степень проявления этих эффектов по причине более глубокого проникновения рентгеновских лучей в материал на больших углах. Таким образом, при изучении ГМ всегда необходимо принимать меры к подавлению явлений текстурирования, легко возникающих для всех слоистых структур.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

### Литература

1. Хохлова Г.П., Барнаков Ч.Н., Малышева В.Ю., Попова А.Н., Исмагилов З.Р. Влияние режима термообработки на каталитическую графитацию каменноугольного пека / Химия твердого топлива, 2015. № 2. С. 10–16.
2. Хохлова Г.П., Малышева В.Ю., Барнаков Ч.Н., Попова А.Н., Исмагилов З.Р. Влияние природы и количества катализатора на фазовую структуру углеродного материала, полученного низкотемпературной каталитической графитацией каменноугольного пека / Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2013. № 5 (99). С. 21–24.
3. Хохлова Г.П., Барнаков Ч.Н., Попова А.Н., Хицова Л.М. Влияние углеродных добавок на термопревращение каменноугольного пека / Кокс и химия, 2015. № 7. С. 41–47.
4. Оценка взаимосвязи структуры графитоподобных материалов по данным РФА и электрофизических свойств графитовых материалов - анодов для ЛИА / Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2013. № 5 (99). С. 70–73.
5. Барнаков Ч.Н., Хохлова Г.П., Малышева В.Ю., Попова А.Н., Исмагилов З.Р. Рентгенофазовый анализ кристаллической структуры графитов разной природы / Химия твердого топлива, 2015. № 1. С. 28–32.
6. Хохлова Г.П., Барнаков Ч.Н., Попова А.Н. Рентгеноструктурный анализ углеродных материалов, полученных карбонизацией каменноугольного пека с графитовыми добавками / Кокс и химия, 2016. № 1. С. 32-39.



## МЕТАЛЛОУГЛЕРОДНЫЙ НАНОКОМПОЗИТ Pt/C – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

<sup>1,3</sup>Пузынин А.В., <sup>1</sup>Сименюк Г.Ю., <sup>2,1</sup>Сальников А.В., <sup>1,2,3</sup>Исмагилов З.Р.

<sup>1</sup>Институт углекимиия и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО  
РАН, г. Кемерово

<sup>2</sup>ФГБУН Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

<sup>3</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,  
г. Кемерово

Получен наноккомпозит Pt/C и изучены его электрохимические свойства. Показано, что введение благородных металлов в состав электродных материалов приводит к увеличению емкости и уменьшению внутреннего сопротивления ячеек суперконденсаторов.

В настоящей работе разработана методика получения металлоуглеродного наноккомпозита на основе НПУМ [1], получаемого карбонизацией смеси гидрохинона и фурфурола в ФИЦ УУХ СО РАН, наполненного наночастицами благородного металла (Pt). Параметры пористой структуры исходного углеродного материала: удельная поверхность 2874 м<sup>2</sup>/г, объем пор 3,7 см<sup>3</sup>/г, в том числе объем микропор 0,48 см<sup>3</sup>/г. Наноккомпозит Pt/C получали восстановлением растворов прекурсоров (H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>) гидразином. Содержание металлической фазы в НК 1 масс. %.

НК охарактеризованы комплексом взаимодополняющих физико-химических методов исследования: порошковая рентгеновская дифракция (ДИФРЕЙ 401), малоугловое рассеяние рентгеновского излучения (КРМ-1), сорбтометрия (ASAP2000 Micrometrics). Электрохимические измерения проводили с помощью прибора Parstat 4000: циклическая вольтамперометрия (ЦВА) при скоростях сканирования потенциала 5-300 мВ/с в потенциальном окне от -1 В до +1В; гальваностатический заряд/разряд (ГСЗР) при токах зарядки/разрядки 1-64 мА и времени заряда/разряда 5÷50 с; импедансометрия при синусоидальном токе с частотой 0,01-10000 Гц). В качестве электролита использовали 30% раствор гидроксида калия. Методики измерений представлены в работах [2,3].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 15-13-10043).

### Литература

1. Барнаков Ч.Н. Структурные особенности мезопористых углеродных материалов, синтезированных щелочной карбонизацией смесей фенол - фурфурол и гидрохинон – фурфурол / Ч.Н. Барнаков, А.В. Самаров, Н.В. Шикина, Д.Г. Якубик // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2015. – Т. 23. – № 2. – С. 219-223.
2. Simenyuk G.Y. Highly porous carbon materials filled with gold and manganese oxide nanoparticles for electrochemical use / G.Y. Simenyuk, Y.A. Zakharov, N.V. Pavelko, V.G. Dodonov, V.M. Pugachev, A.V. Puzynin, T.S. Manina, C.N. Barnakov, Z.R. Ismagilov // *Catalysis Today*. – 2015. – V. 249. – P. 220-227.
3. Burke A. Testing of electrochemical capacitors: Capacitance, resistance, energy density, and power capability / A. Burke, M. Miller // *Electrochimica Acta*. – 2010. – V. 55. – P. 7538-7548.



## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НАПОЛНЕННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА

Сименюк Г.Ю.<sup>1</sup>, Захаров Ю.А.<sup>1,2</sup>, Пузынин А.В.<sup>1</sup>, Барнаков Ч.Н.<sup>1</sup>,  
Илькевич Л.В.<sup>1</sup>, Нетребенко П.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Федеральный исследовательский центр угля и углекими СО РАН,  
г. Кемерово*

<sup>2</sup> *ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет  
E-mail: [galina-simenyuk@yandex.ru](mailto:galina-simenyuk@yandex.ru)*

Получены наноконпозиты Au/C, Ag/C и исследованы их электрохимические свойства. Показано, что введение в углеродные матрицы 1% металлических наполнителей приводит к увеличению электрической емкости.

Наноконпозиты (НК) на основе высокопористых углеродных материалов (ВПУМ), наполненных наноразмерными частицами благородных металлов, являются перспективными электродными материалами суперконденсаторов (СК) [1-3]. Одной из актуальных задач является оптимизация условий получения и составов конпозитов, позволяющая достичь максимально возможной степени покрытия поверхности углеродных материалов нанокристаллитами металлов при минимальной блокировке пор, что должно приводить к уменьшению сопротивления электродов, временной постоянной, а, следовательно, к увеличению емкости и мощности ячеек СК.

В настоящей работе изложены методики формирования наноконпозитов Au/C и Ag/C на основе ВПУМ (удельная поверхность 2874 м<sup>2</sup>/г, объем пор 3,7 см<sup>3</sup>/г, в том числе микропор 0,48 см<sup>3</sup>/г), получаемого карбонизацией смеси гидрохинон-фурфурол в ФИЦ УУХ СО РАН [4]. НК получали восстановлением растворов прекурсоров (HAuCl<sub>4</sub> и AgNO<sub>3</sub>) непосредственно углеродной матрицей, без введения дополнительных восстанавливающих веществ.

НК охарактеризованы комплексом взаимодополняющих физико-химических методов исследования: электронная микроскопия, порошковая рентгеновская дифрактометрия, малоугловое рассеяние рентгеновского излучения. Электрохимические измерения проводили на приборе Parstat 4000, методики описаны в [1,2].

Представляет интерес дальнейшее исследование наноконпозитов Ag/C, которые практически не уступают по емкостным характеристикам НК на основе Au/C, но гораздо дешевле. Емкость ячеек с конпозитными электродами при скорости сканирования 40-300 мВ/с в 2÷2,5 раза выше, чем для симметричных ячеек с ВПУМ.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

### **Литература**

1. G.Y. Simenyuk, Y.A. Zakharov, N.V. Pavelko, V.G. Dodonov, V.M. Pugachev, A.V. Puzynin, T.S. Manina, C.N. Barnakov, Z.R. Ismagilov // *Catalysis Today*. – 2015. – V. 249. – P. 220-227.
2. G.Y. Simenyuk, Y.A. Zakharov, A.V. Puzynin, A.A. Vladimirov, N.V. Ivanova, V.M. Pugachev, V.G. Dodonov, C.N. Barnakov, T.S. Manina, Z.R. Ismagilov // *Materials and Manufacturing Processes*. – 2016. – V. 31. – No.6. – P. 739-744.
3. Сименюк Г.Ю., Манина Т.С., Пузынин А.В., Барнаков Ч.Н., Захаров Ю.А., Козлов А.П., Исмагилов З.Р. // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2015. – Т. 23. – № 2. – С. 157-162.
4. Ч.Н. Барнаков, А.В. Самаров, Н.В. Шикина, Д.Г. Якубик // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2015. – Т. 23. – № 2. – С. 219-223.

## ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСТВОРЕНИЕ УГЛЯ КАА-ХЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СРЕДЕ БЕНЗОЛА ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

**Солдуп Ш.Н., Куликова М.П., Тас-оол Л.Х.**

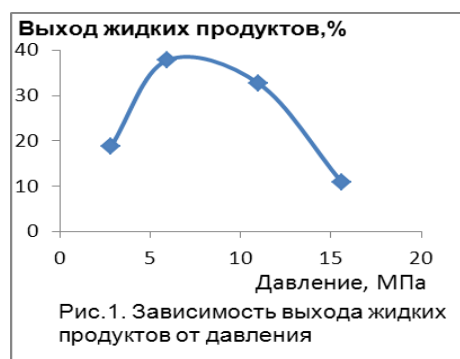
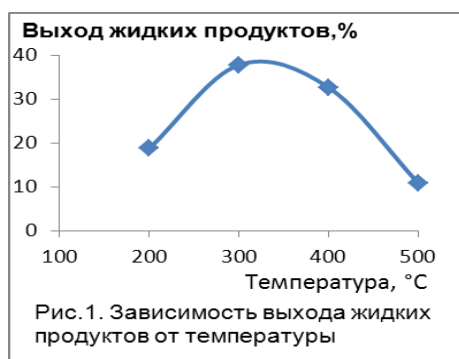
*ФГБУН Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов  
Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кызыл*

Рассматривается термическое растворение каахемских углей сверхкритическими флюидами растворителя на лабораторной полупроточной установке. Максимальная степень конверсии органических веществ (ОВ) каменного угля в жидкие продукты достигается при 5,9 МПа и температурах 300-320°C.

Технологии сверхкритической флюидной экстракции углей используются для получения ценных углеводородных материалов. В сверхкритическом состоянии растворитель, обладая высокой плотностью (свойственной жидкостям) и сниженными показателями поверхностного натяжения и вязкости (характерными для газов), способен глубоко проникать в пористые структуры угля и экстрагировать растворимые компоненты [1].

В работе исследуется термическое растворение ОВ угля на полупроточной лабораторной установке [2] в сверхкритическом потоке ароматического растворителя (бензола) в интервале температур 20-500 °С и давлениях 2,8-15,6 МПа. Испытания проведены на пробах рядового каменного угля Каа-Хемского месторождения (марка 1ГЖ, класс 0-300 мм); критические параметры бензола:  $T_{кр}=288,9^{\circ}\text{C}$ ,  $P=4,83\text{МПа}$ , плотность 302 кг/м<sup>3</sup>.

На рис.1, 2 показаны зависимость выхода экстрактов от температуры и давления реактора. Растворение ОВ угля происходит в интервале температур 200-500°C и давлениях 2,8-15,6 МПа. В среде бензола оптимальными условиями для максимального выхода жидких продуктов (38% от их суммарного выхода) являются 300-320°C и давление 5,9 МПа, при которых растворитель переходит в сверхкритическое флюидное состояние. Дальнейшее повышение температуры и давления практически не влияет на полноту растворения угля; выход полукоксового остатка 80,2%, экстракта жидких продуктов 19,8%.



### Литература

1. Валяшко В.М.//Сверхкритические флюиды: теория и практика. 2006. Т.1.№1. С. 10
2. Солдуп Ш.Н., Котельников В.И., Кара-сал Б.К. Термическое растворение каменных углей Чаданского и Межегейского месторождений с бензолом при сверхкритических условиях// Материалы и технологии XXI века: сборник статей XIV Международной научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2016. – 260 с. – С. 222-228.

## РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИЗУЧЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В ПРИРОДНОМ УГЛЕ

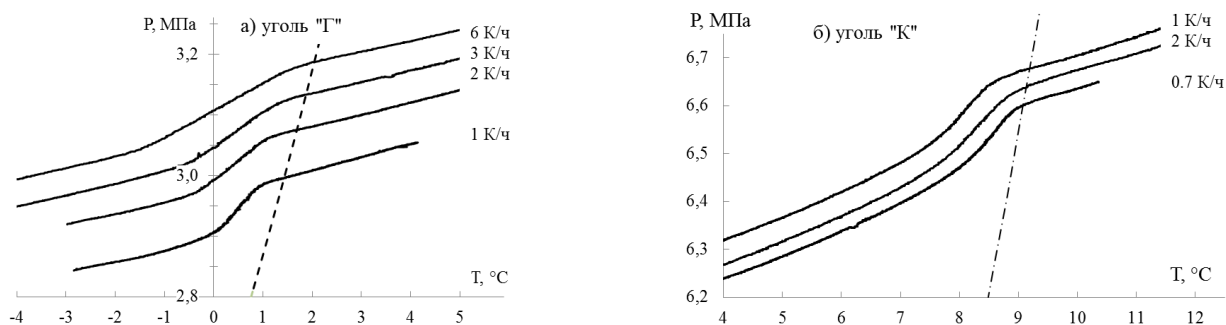
**Смирнов<sup>1</sup> В. Г., Манаков<sup>2</sup> А. Ю., Дырдин<sup>1</sup> В.В., Ким<sup>1</sup> Т. Л., Исмагилов<sup>3</sup> З. Р.**

<sup>1</sup>КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, smirnovvg@kuzstu.ru

<sup>2</sup>ИНХ им. А. В. Николаева СО РАН, 630090, г. Новосибирск

<sup>3</sup>ИУХМ ФИЦ УУ СО РАН, 650000, г. Кемерово

Угольный пласт является сложной многофазной системой, в которой сосуществуют газ, жидкость и твердый уголь. Высокое давление газа при естественном залегании угольных пластов создает условия для формирования газовых гидратов. При исследовании формирования газовых гидратов в природном угле [1] малоизученным остается вопрос относительно скорости образования и разложения газовых гидратов. Экспериментальное оборудование, использованное для исследования образования и разложения газовых гидратов, описано ранее [1]. В экспериментах использовался природный уголь марок «К», «Г», «А», отобранный на шахтах Кузбасского региона. Стальной цилиндрический автоклав наполнялся подготовленным углем и газом (метаном или  $\text{CO}_2$ ) и на предварительном этапе помещался в термостат с температурой  $-3^\circ\text{C}$  для формирования газовых гидратов. Разложение образовавшихся гидратов проявлялось в виде ступени повышения давления при линейном повышении температуры теплоносителя, омывающего внешние стенки автоклава.



**Рис. 1** Экспериментальные  $P$ - $T$  диаграммы разложения гидрата метана в угле марки «Г»  $w=4,71\%$  и «К»  $w=3,17\%$ . На кривых указана скорость повышения температуры.

На рис. 1 экспериментальные зависимости давления газа от температуры в геометрическом центре автоклава:  $P$ - $T$  диаграммы, полученные при разной скорости повышения температуры. При увеличении скорости повышения температуры внешней среды температура в центре автоклава несколько отстает, увеличивается градиент температур между внешними стенками и центром автоклава. Точка окончания перегиба на кривой давления рис. 1 практически не смещается, следовательно, для выбранных скоростей эксперимента, скорость разложения гидрата лимитируется, в основном, скоростью достижения температуры разложения в разных областях автоклава.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований 15-05-02240.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОРОНЕНА

И.А. Федоров

ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, г. Кемерово  
e-mail: ifedorov@kemsu.ru

В работе выполнено первопринципное исследование физико-химических свойств кристаллического коронена. Установлено, что энергия решетки равна 141.58 кДж/моль. Внешнее давление приводит к сближению молекул, но межатомные расстояния внутри молекул практически не изменяются.

Коронен (C<sub>24</sub>H<sub>12</sub>) представляет собой ароматический углеводород, который является компонентом углей. При нормальных условиях молекулы конденсируются в кристалл, имеющий моноклинную группу симметрии  $P2_1/a$  [1].

Расчет выполнен в рамках теории функционала плотности с использованием пакета Quantum ESPRESSO [2]. Для учета межмолекулярных сил использовалась схема DFT-D3(BJ) [3]. Детали расчета содержатся в нашей работе [4].

Вычисленные параметры решетки имеют следующие значения:  $a=15.898 \text{ \AA}$ ,  $b=4.752 \text{ \AA}$ ,  $c=9.998 \text{ \AA}$  и  $\beta=110.90^\circ$ , что хорошо согласуется с экспериментальными данными [1]. Энергия решетки равна 141.58 кДж/моль, что согласуется с экспериментальным значением энтальпии сублимации равным 155 кДж/моль [5]. Гидростатическое давление позволяет исследовать особенности внутреннего строения кристалла. Было изучено влияние давления (0-10 ГПа) на структурные и электронные свойства кристалла коронена. С помощью уравнения состояния Винета был определен объемный модуль сжатия  $B_0 = 10.26 \text{ ГПа}$ . Молекулярные кристаллы имеют малое значение модуля объемного сжатия, так давление приводит к быстрому сжатию кристалла в интервале от 0-3 ГПа. Данный факт объясняется тем, что молекулы связаны слабым взаимодействием. Дальнейшее увеличение давления приводит к меньшим деформациям кристалла.

Давление сближает молекулы, но внутримолекулярные межатомные расстояния практически не изменяются. Следовательно, молекулы сохраняют свою форму, но при этом изменяется положение молекул друг относительно друга. Например, давление 10 ГПа увеличивает угол между молекулами коронена на  $11^\circ$ . Изменения в структуре проявляются в электронном строении кристалла. Внешнее давление 10 ГПа приводит к расщеплению энергетических зон и уменьшению ширины запрещенной зоны с 3.7 до 2.5 эВ. Анализ заселенностей атомов позволил установить, что атомные заряды практически не изменяются при увеличении давления.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания № 15.3487.2017/ПЧ. Все расчеты были выполнены в центре коллективного пользования «Высокопроизводительные параллельные вычисления» КемГУ (icp.kemsu.ru).

### Литература

1. J. K. Fawcett, J. Trotter // *Proc. R. Soc. London, Ser. A.* – 1966. – **289**. P. 366.
2. Giannozzi P., Baroni S., Bonini N. et al. // *J. Phys.: Condens. Matter.* – 2009. – **21**. P. 395502.
3. S. Grimme, S. Ehrlich, and L. Goerigk // *J. Comput. Chem.* – 2011. – **32**. P. 1456.
4. Fedorov I.A., Marsusi F., Fedorova T.P. and Zhuravlev Y.N. // *Journal of Physics and Chemistry of Solids.* – 2015. – **83**. P. 24–31.
5. J. S. Chickos, P. Webb, G. Nichols et al. // *J. Chem. Thermodynamics.* – 2002. – **34**. P. 1195.

## **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ПО УГЛЕХИМИИ В КУЗГТУ**

**Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Теряева Т.Н.**

*ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово e-mail: [ctg.htnv@kuzstu.ru](mailto:ctg.htnv@kuzstu.ru)*

Представлены образовательные программы, реализуемые в ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», по которым осуществляется подготовка высококвалифицированных специалистов в области углекимиии.

Институт химических и нефтегазовых технологий КузГТУ осуществляет подготовку высококвалифицированных кадров для углекимиических производств, а также ведения научно-исследовательской и инновационной деятельности в области углекимиии. В КузГТУ на кафедре химической технологии твердого топлива реализуются следующие образовательные программы по углекимиии: бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» профилю «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», магистратура по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» профилю «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», аспирантура по направлению 18.06.01 «Химическая технология» специализации 05.17.07 «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ».

За время обучения по данным образовательным программам студенты изучают происхождение, состав и свойства твердых горючих ископаемых, теоретические и технологические основы процессов их различной переработки, методы и способы утилизации и переработки отходов углекимииперерабатывающих производств и т.д.

Институт химических и нефтегазовых технологий при подготовке кадров по углекимиии тесно взаимодействует с ПАО «Кокс», ОАО «Алтай-Кокс», ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН.

При кафедре химической технологии твердого топлива созданы и функционируют две базовые кафедры на коксохимических предприятиях: в ПАО «Кокс» (создана в 2013 г.) и в ОАО «Алтай-Кокс» (создана в 2017 г.). На базовых кафедрах осуществляется обучение студентов по спецдисциплинам, касающихся коксохимического производства и вопросов инженерной защиты окружающей среды. Обучение студентов осуществляют ведущие специалисты данных предприятий в реальных условиях промышленного производства, что позволяет готовить высококвалифицированных специалистов в области углекимиии, адаптированных к современным условиям производства.

В Институте химических и нефтегазовых технологий КузГТУ функционируют следующие структурные подразделения, ведущие научно-исследовательские работы в области углекимиии: кафедра химической технологии твердого топлива, лаборатория химии координационных соединений и функциональных материалов, лаборатория глубокой переработки угля, лаборатория термодинамики многофазных систем, кафедра «Углекимиии, пластмасс и инженерной защиты окружающей среды».



## ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Чичкань А.С.<sup>1,2</sup>, Пузынин А.В.<sup>1</sup>, Чесноков В.В.<sup>2,1</sup>, Исмагилов З.Р.<sup>1,2</sup>, Ефимова О.С.,  
<sup>1</sup>Михайлова Е.С., <sup>1</sup>Свинцицкий Д.А.

<sup>1</sup>Институт углекимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск  
e-mail: AlexCsh@yandex.ru

В результате обработки однослойных углеродных нанотрубок (ОУНТ) в смеси 40%NH<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> при температурах 600 и 700 °С получены композиты «азотсодержащая углеродная «шуба»-ОУНТ». Измерены удельные емкости исходного и функционализированных углеродных нанотрубок. Показано, что значение удельной емкости (200 Ф/г) для образца N-ОУНТ 700°С примерно в два раза выше, чем для исходных ОУНТ.

Суперконденсаторы сочетают в себе быструю зарядку и высокую емкость хранения энергии. Во внедрённых суперконденсаторах на базе активированных углей плотность энергии равна 4-5 Вт·ч/кг, тогда как в свинцово-кислотных аккумуляторах в интервале 26-34 Вт·ч/кг [1], поэтому задача увеличения плотности энергии при сохранении количества циклов и высокой мощности является актуальной. Однослойные углеродные нанотрубки являются перспективным материалом для создания суперконденсаторов, так как обладают высокой удельной поверхностью и хорошей стабильностью в различных средах. Кроме того, существует возможность повысить удельную емкость ОУНТ за счет модифицирования углеродной поверхности атомами азота.

В настоящей работе электроды суперконденсатора готовили из 80% масс. ОУНТ и 20% масс. ацетиленовой сажи (электропроводящая добавка). Далее в полученный порошок добавляли несколько капель водного раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1М) и помещали полученную суспензию в ячейку суперконденсатора [3].

Установлено, что значение удельной емкости для углеродных нанотрубок, допированных азотом (N-ОУНТ), увеличивается с увеличением температуры обработки в смеси 40%NH<sub>3</sub>-1%C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Это связано с тем, что вклад фарадеевских процессов, отвечающие за псевдоемкость увеличивается с увеличением содержания азотсодержащих функциональных групп. Значение удельной емкости (200 Ф/г) для образца N-ОУНТ 700°С примерно в два раза выше, чем для исходных ОУНТ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 15-13-10043) с использованием оборудования КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

### Литература:

1. Pat. 5856262 USA (1999)
2. Zhang J.-R., Chen B., Li W.-K., Zhu J.-J., Jiang L.-P. Electrochemical behavior of amorphous hydrous ruthenium oxide/active carbon composite electrodes for super-capacitor. // International Journal of Modern Physics B. 2002. V.16. №28-29. P. 4479–4483.
3. Mateyshina Y., Ulihin A., Samarov A., Barnakov C., Uvarov N. Nanoporous carbon-based electrode materials for supercapacitors. // Solid State Ionics 2013. V.251. P. 59–61.



## РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА КАМЕННЫХ УГЛЕЙ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Чульдум К. К., Куликова М.П.

*ФГБУН Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов  
Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кызыл*

В работе описана разработка установки пиролиза каменных углей непрерывного действия. Пиролиз предлагается проводить в условиях контакта угля с валом и витками нагретого шнека, что способствует увеличению удельной поверхности реактора на единицу объема потока угля. Предусмотрен также обогрев внешней стенки реактора и проведение процесса в условиях наложения дополнительных ультразвуковых колебаний, которые должны снизить адгезию, коэффициент трения материала о стенки аппарата и его вязкость. Кроме того, ультразвук будет способствовать разрушению или активированию угля, интенсификации тепло- и массопереноса.

Разработка высокоэффективной технологии и оборудования для термохимической переработки каменных углей, а также апробация теоретических разработок возможна при обеспечении проведения опытных процессов термолиза в различных управляемых условиях, что подразумевает создание установки с возможностью регулирования температуры, скорости подачи сырья через реакционную зону, давления и характера среды.

В данной установке предлагается приблизить условия обогрева перерабатываемого материала к термоконтатным методам, сохранив при этом преимущества процессов с косвенным обогревом через стенку путём создания максимальной удельной поверхности реактора. При пиролизе твердых топлив для этой цели наиболее подходит нагретый шнек, непрерывно подающий сырьё через реактор. Материал шнека (хромоникелевые сплавы) обладает намного большей теплопроводностью, чем каменные угли, что способствует быстрой передаче тепла к обрабатываемому материалу, и как следствие, к ускорению процессов термической переработки углей. С этой же целью, а также для начального разгона термических реакций в угле до состояния выделения газов пиролиза, используемых для нагрева шнека изнутри, внешнюю трубу реактора обогревают электронагревателями. С целью уменьшения сил сопротивления вращению шнека, а также для модификации технологического процесса, термолиз предлагается производить в условиях наложения дополнительных ультразвуковых колебаний, что позволит снизить адгезию, коэффициент трения материала о стенки аппарата и его вязкость. Конструкция реактора позволит проводить термолиз при различных методах, таких, как полукоксование и коксование, каталитический пиролиз и т.д. Привод шнека позволяет бесступенчато изменять скорость вращения, за счет чего регулируют время пребывания угля в реакционной зоне. Пиролиз проводится в условиях контакта угля с валом и витками нагретого шнека, что способствует увеличению удельной поверхности реактора на единицу объема потока угля. Это обусловит высокую удельную производительность установки, а также уменьшение эксплуатационных затрат за счет минимизации тепловых потерь.

### *Литература*

1. Мухина Т.Н., Барабанов Н.Л., Бабаш С.Е.// Пиролиз углеводородного сырья. М.: Химия, 1987, 240 с.
2. Копылов Н.И., Каминский Ю.Д., Куликова М.П. Пиролиз угля Тувинского месторождения // Химическая технология. – 2008. – Т.9, № 4. – С. 168–172.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВНОГО УГЛЯ НА ОСНОВЕ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА С ОДНОВРЕМЕННЫМ СОКРАЩЕНИЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ТВЁРДЫХ ОТХОДОВ

**Чучалина А.Д., Фарберова Е.А., Рябов В.Г., Ширкунов А.С.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования "Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет", г. Пермь, e-mail: anniextt@mail.ru*

В работе исследовано влияние на качество гранулированного активного угля степени помола каменноугольной пыли. При увеличении степени измельчения каменного угля происходит незначительное увеличение микропористости получаемого адсорбента при увеличении среднего размера микропор. Вовлечение в сырьё отходов тощего угля приводит к снижению расхода обогащенного слабоспекающегося каменного угля. Выявлено влияние состава угольной пыли и содержания связующего в угольно-смоляной композиции на свойства готового гранулированного активного угля.

Технология получения гранулированных активных углей (ГАУ) включает стадии размола каменного угля, приготовления связующего, смешение каменноугольной пыли и связующего, формование угольно-смоляной композиции (УСК), грануляцию и термообработку (сушку, карбонизацию и активацию). В рамках данной работы было изучено влияние степени размола слабоспекающегося каменного угля, состава композиции и условий формования УСК в гранулы на свойства готового ГАУ.

Исследования показали, что степень измельчения каменноугольной пыли оказывает непосредственное влияние на свойства гранулированного активного угля [1]. При содержании частиц угольной пыли с размером 0,1-40 мкм до  $79 \pm 0,5$  % на стадии приготовления УСК, расход связующего снижается на 3%. При этом увеличение степени измельчения каменного угля приводит к некоторому увеличению микропористости ГАУ при незначительном увеличении среднего размера микропор.

Введение в состав композиции, наряду со слабоспекающимся, отходов тощего угля в соотношении 1:1 позволяет уменьшить расход обогащённого каменного угля марки ССОМ Кузнецкого бассейна [2]. При этом сохраняется высокая механическая прочность получаемого ГАУ (порядка 80-83 %), суммарный объём пор может развиваться до 0,72-0,73 см<sup>3</sup>/г, а сорбционная активность достигает высоких значений (в частности, равновесная активность по толуолу порядка 150-159 г/дм<sup>3</sup>).

Из-за отсутствия в настоящее время метода контроля качества промежуточного продукта – угольно-смоляной композиции – оптимальный состав УСК определяется эмпирически. В связи с этим при замене какого-либо компонента в композиции появляется необходимость определения оптимального соотношения угольная пыль: связующее. В рамках настоящего исследования была установлена взаимосвязь динамической вязкости связующего, его содержания в УСК и динамической вязкости УСК, что позволило создать экспресс-метод определения оптимального содержания связующего в композиции. Поддержание соотношения сырьевых компонентов в рекомендуемом диапазоне позволит сократить образование отходов на данной стадии и снизить трудозатраты.

## ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕЙ КУЗБАССА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЙ МЕТАМОРФИЗМА

Хабибулина Е.Р., Исмагилов З.Р., Журавлева Н.В.,  
Хицова Л.М., Потокина Р.Р.

*Институт углекими́и и химического материаловедения  
ФИЦ угля и углекими́и СО РАН, г. Кемерово,  
e-mail: khabibulina\_er@mail.ru*

Проведено исследование каменных углей Кузнецкого угольного бассейна различных стадий метаморфизма в инертной и окислительной средах методом термогравиметрического анализа. Установлены корреляционные связи между показателями термического разложения и технического анализа, петрографического анализа, значения величины фактора ароматичности. Изучены газообразные продукты, образующиеся при термическом разложении с целью определения характера деструкции органической массы угля.

Ископаемые угли представляют собой сложную природную композиционную систему, состоящую из органических микрокомпонентов и минеральных включений, относительное содержание которых меняется в процессе созревания углей. Органическая масса твёрдых горючих ископаемых, включающая в своей структуре значительное число блоков из ароматических колец и алифатических мостиков, представляет собой термодинамически нестабильные образования, которые претерпевают глубокие превращения при нагревании.

Для исследования выбраны пробы угля Кузнецкого угольного бассейна, марочный состав которых (Д, ДГ, ГЖО, Ж, К, КС, ОС) был подтвержден на основании значений отражательной способности витринита, суммы фюзенизированных компонентов, толщины пластического слоя и выхода летучих веществ.

Термический анализ проводился на термоанализаторе Netzsch STA 409 с нагревом от 30°C до 1000°C со скоростью 10 °C/мин в окислительной среде (скорость потока аргона - 20 мл/мин, кислорода – 10 мл/мин) и инертной среде (скорость потока гелия 40 мл/мин) с регистрацией потери массы во всем интервале температур. Для характеристики процесса термического разложения углей были выбраны следующие показатели: температура максимума основного разложения углей, максимальная скорость разложения, потеря массы образца в различных интервалах температур. Сравнительный анализ полученных дериватограмм показал, что в ряду метаморфизма углей происходит закономерное увеличение интервала температур газовой выделения с одновременным «сдвигом» максимумов эффектов в область более высоких температур для всех исследуемых образцов.

Изучение газообразных продуктов, образующихся при термическом разложении углей в различных атмосферах с использованием квадрупольной масс-спектрометрической приставки QMS 403C Aëolos, позволит исследовать процесс деструкции компонентов с образованием полициклических ароматических углеводородов, входящих в состав органической массы анализируемых образцов. Данные исследования способствуют более полному пониманию структуры угля и являются актуальным направлением в углекими́и.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

*Стендовые доклады участников*

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОВЕСИЙ В РАСТВОРАХ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ БУРЫХ УГЛЕЙ МЕТОДАМИ ПОТЕНЦИОМЕТРИИ И УФ-ВИДИМОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

**Звеков А.А.<sup>1</sup>, Жеребцов С.И.<sup>1</sup>, Ракитова А.И.<sup>2</sup>, Дикунова Т.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной химии СО РАН, Институт углекислотной и химического материаловедения СО РАН, Кемерово  
e-mail: zvekovaa@gmail.com

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, Кемерово  
e-mail: anchem@kemsu.ru

The approach of additional humic acids treatment for potentiometric measurements was suggested. It allows one to obtain humic acids as fine colloid particles in solution which was confirmed by spectroscopy methods. The potentiometric titration of humic acids with sodium hydroxide was performed and the titration curves are typical for poly-basic acids. The acidic centers content depends on the humic acids concentration.

Гуминовые вещества являются одним из ключевых компонентов биосферы, обеспечивая плодородие почв, транспорт органических веществ, минеральную составляющую углей и др. В последнее время приобретает большие масштабы производство гуматов из бурых углей и их применение в качестве удобрений и сорбентов [1]. Цель работы: уточнение потенциометрических методик исследования равновесий с участием гуминовых кислот.

Использовались гуминовые кислоты, полученные щелочной экстракцией из рядового бурого угля Кайчакского месторождения (КБР). Основная проблема при потенциометрических исследованиях – малая скорость установления равновесия [2]. Для ее решения навеска гуминовой кислоты вначале растворялась в щелочи, затем нейтрализовалась эквивалентным количеством кислоты. В результате образовывались малые коллоидные частицы и типичное время установления равновесия сокращалось до нескольких минут. Получены спектральные зависимости коэффициентов полного и диффузного пропускания коллоидного раствора гуминовой кислоты. После добавления гидроксида натрия коэффициент полного пропускания образца уменьшается за счет падения составляющей диффузного пропускания. Таким образом, изменения спектра связаны с уменьшением размера частиц в коллоидном растворе.

Получены кривые потенциометрического титрования гуминовой кислоты гидроксидом натрия. На кривых наблюдается участок возрастания с последующей выраженной точкой эквивалентности. Данный тип кривых титрования характерен для многоосновных карбоновых кислот с близкими значениями рК. Полученные значения количества кислотных центров зависят от концентрации гуминовой кислоты, как и в [2].

Получены первичные результаты потенциометрического титрования гуминовой кислоты нитратом свинца с ион-селективным электродом. Оцененная степень сорбции сопоставима с полученной для меди в [3].

### **Литература**

1. Жеребцов С.И., Малышенко Н.В., Смотрина О.В. // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2016. Т. 24. № 3. С. 399-403.
2. Хилько С.Л., Ковтун А.И., Рыбаченко В.И. // *Химия твердого топлива*. 2011. № 5. с. 50–62.
3. Xu J., Tan W., Xiong J.// *Journal of Colloid and Interface Science*. 2016. V. 473. pp. 141–151.

## ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ БАРЗАССКОГО УГЛЯ НА АДСОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУЧЕННЫХ АДСОРБЕНТОВ

**Зыков И.Ю., Дудникова Ю.Н., Козлов А.П., Исмагилов З.Р.**

*Федеральный исследовательский центр угля и углекими CO РАН, г. Кемерово,  
e-mail: zyak.kot@mail.ru*

В работе представлены результаты исследования углеродных адсорбентов, синтезированных карбонизацией угля Барзасского месторождения различной крупности в присутствии гидроксида калия. На анализаторе ASAP-2020 измерены адсорбционные характеристики: удельная поверхность, суммарный объем пор, объем микро- и мезопор. Для синтеза углеродных адсорбентов с высокими характеристиками рекомендовано использовать Барзасский уголь с размером частиц 0.2-0.5мм или 0.5-1мм или <0.5мм.

Сохранение водных ресурсов планеты считается одной из основных задач развития науки, а очистка питьевых и промышленных сточных вод важным этапом её решения. Использование адсорбентов из активных углей является перспективным методом для очистки воды.

В данной работе синтезированы адсорбенты методом карбонизации углещелочных смесей при 800°C, полученных методом пропитки исходного угля гидроксидом калия в соотношении 1:2 [1].

В качестве исходного угля был взят природноокисленный уголь Барзасского месторождения различной крупности (образцы 1-5).

Исследования характеристик пористости проводили методом низкотемпературной адсорбции азота на объёмной вакуумной статической установке ASAP-2020. Значения удельной поверхности ( $S_{ВЕТ}$ ), объемов пор ( $V_{\Sigma}$ ,  $V_{\text{микро}}$ ,  $V_{\text{мезо}}$ ) и среднего диаметра пор ( $D_{\text{pores}}$ ) образцов приведены в таблице.

№	Размер частиц, мм	$S_{ВЕТ}$ , м <sup>2</sup> /г	$V_{\Sigma}$ , см <sup>3</sup> /г	$V_{\text{микро}}$ , см <sup>3</sup> /г	$V_{\text{мезо}}$ , см <sup>3</sup> /г	$D_{\text{pores}}$ , А
1	<0,5	1590	0,77	0,40	0,17	19,5
2	0,045-0,1	1400	0.66	0.41	0.12	18.8
3	0,1-0,2	1400	0,69	0,36	0,14	19,5
4	0,2-0,5	1690	0.82	0.42	0.17	19.3
5	0,5-1	1590	0.75	0.44	0.13	18.7

Таким образом, анализируя полученные данные можно сказать, что образец сравнения 1 и образцы 4 и 5 обладают одинаково высокой удельной поверхностью, но образец 5 уступает в объеме мезопор. Образцы 2 и 3 обладают относительно низкими (на 5-15%) значениями характеристик.

Крупные частицы Барзасского угля 0.2-0.5мм и 0.5-1мм, а также частицы с размерами <0.5мм являются оптимальными

при синтезе адсорбентов с высокими адсорбционными характеристиками. Использование частиц угля с размерами 0.045-0.1мм и 0.1-0.2мм приводят к получению адсорбентов, характеристики которых на 5-15% ниже.

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту V.46.3.4 с использованием оборудования КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

### **Литература:**

1. Манина Т.С., Федорова Н.И., Семенова С.А., Исмагилов З.Р. Влияние условий щелочной обработки на свойства адсорбентов на основе природноокисленных углей Кузбасса // Кокс и химия. 2013. № 5. С. 25-28.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОМОЛА УГЛЕЩЕЛОЧНОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МЕЛЬНИЦЫ К10

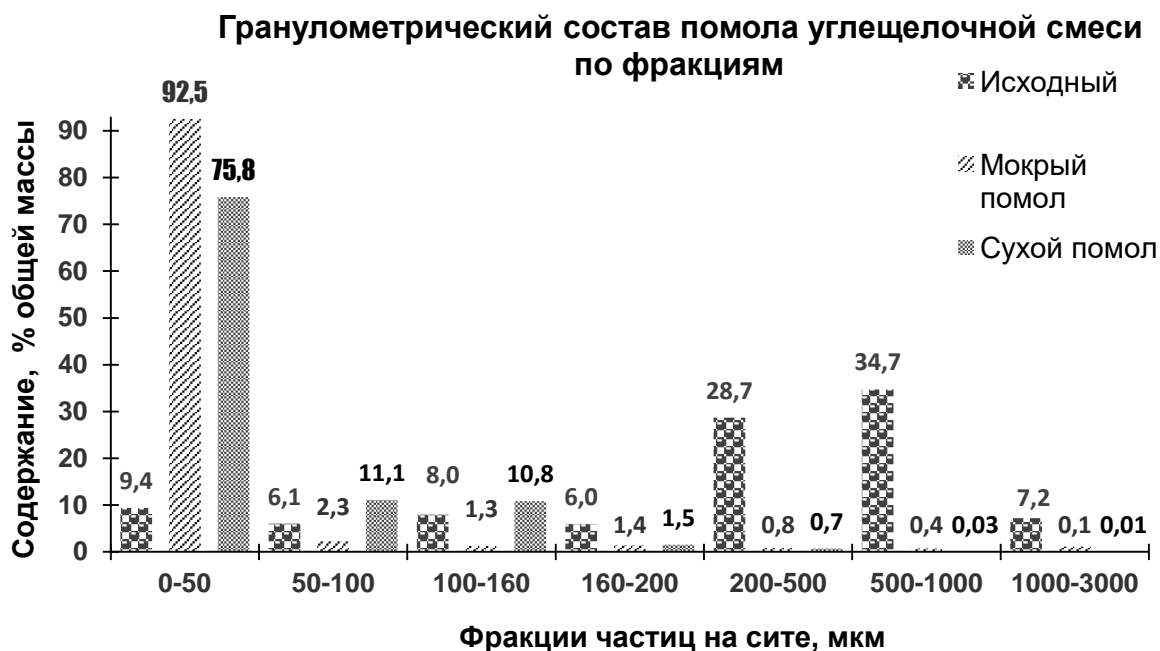
Климович М.Ю., Вотолин К.Г.

ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово, [kmaik@yandex.ru](mailto:kmaik@yandex.ru)

Определен гранулометрический состав помола углещелочной смеси, измельченной на центробежной мельнице К10 для двух вариантов «мокрого» и «сухого». Определено что эффективность измельчения с использованием воды выше чем без нее.

В составе оборудования «Опытно-экспериментального многофункционального стенда для разработки базовых технологий комплексной переработки бурых и окисленных углей» ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН для измельчения углей имеется молотковая дробилка МД3х2 и центробежная мельница К10. Гранулометрический состав (ГС) измельченного угля зависит от механических, физических свойств исходного угля. Неопределенность ГС может повлиять на последующую возможность переработки. Поэтому его необходимо контролировать. Стандартно используют ситовый анализ.

Изучено измельчение углещелочной смеси из бурого угля Тисульского месторождения (участок Кайчакский) для переработки в продукты, содержащие гумат натрия. Для К10 заданы два режима с общим соотношением NaOH:уголь 1:4: для «Мокрого помола» (с водой) время 40 мин, 375 об/мин колебаний помольных барабанов, для «Сухого помола» (без воды) время 50 мин, 450 об/мин. Результаты ситового анализа ГС представлены на гистограмме ниже. «Исходный» - ГС помола, поступающего от дробилки МД3х2.



Как видно на гистограмме, содержание фракции 0-50 мкм для «Мокрого помола» на 16,7% больше «Сухого помола». Эффективность измельчения при меньшем времени и оборотах помольных барабанов с использованием воды выше, чем без нее. Выход гумата натрия увеличится.

## СПЕКТРАЛЬНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРНОГО ЗАЖИГАНИЯ УГЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА

**Ковалев Р.Ю., Нурмухаметов Д.Р., Крафт Я.В., Заостровский А.Н., Адуев Б.П.,  
Исмагилов З.Р.**

*Институт углекимиия и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово, e-mail: lesinko-iuxm@yandex.ru*

В работе представлены результаты измерений порогов лазерного зажигания пылевидного угля с размером частиц  $< 0.06$  мм. Использовался лазер на иттрий-алюминиевом гранате с примесью неодима (1064 нм), работающий в режиме свободной генерации (120 мкс). Измерены спектрально-кинетические характеристики процесса воспламенения частиц. Идентифицированы промежуточные продукты начальных стадий процесса воздействия лазерного излучения на угли.

Задачи данной работы – исследовать спектрально-кинетические характеристики свечения, возникающего при воздействии лазерного излучения на образцы угля и определить продукты, которые выделяются из углей при данном виде воздействия.

Использовалось излучение импульсного неодимового лазера  $\lambda = 1064$  нм, работающий в режиме свободной генерации (длительность импульса 120 мкс). Максимальная энергия в импульсе 0.8 Дж. Регулирование энергии излучения – набор стеклянных светофильтров с известными коэффициентами пропускания. Лазерное излучение, направленное на образец, фокусировалось в пятно диаметром 2.5 мм. Свечение, возникающее при воздействии импульса излучения на образец, фиксировалось спектрофотохронографом и фотоэлектронным множителем.

В качестве объектов исследования использовались образцы бурого, длиннопламенного газового и коксового углей, как в виде порошка насыпной плотности  $0.5$  г/см<sup>2</sup>, так и таблетки прессованные до плотности  $1$  г/см<sup>2</sup>.

Обнаружены три временных стадии процесса воздействия лазерного излучения на образец (во время и после воздействия) в зависимости от плотности энергии: I. разогрев поверхности угля (во время лазерного импульса), II. воспламенение летучих веществ ( $\geq 1$  мс), III. горение коксового остатка ( $25 \div 150$  мс).

Показано, что во время действия лазерного импульса (120 мкс) возникает свечение поверхности образца, спектр которого, в максимуме интенсивности свечения, можно интерпретировать, как свечение абсолютно черного тела с температурой 3000 К. Во временном интервале 1-10 мс можно наблюдать свечение, спектр которого можно интерпретировать как свечение возбужденных молекул СО (в коротковолновой части спектра – максимум при 470 нм), Н<sub>2</sub> и Н<sub>2</sub>О (в длинноволновой части спектра – максимум при 650 нм). Во временном интервале 20-150 мс спектр наблюдаемого свечения соответствует горению коксового остатка с температурой пламени 1700-1800 К.

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНОВОДОУГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ УГЛЕ – И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Лырщиков С. Ю.<sup>1,2</sup>, Стрижак П.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

<sup>2</sup>ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово, e-mail: serstud@mail.ru

Переработка основных органических энергоносителей – нефти и угля сопровождается образованием отходов – нефтешламов и фильтр-кеков [1, 2], соответственно. Объемы этих отходов составляют в зависимости от месторождений, технологии переработки и интенсивности производства от 8 % до 15 % к объему добычи энергоносителей [3]. В России данные вопросы особенно актуальны в связи с открытым хранением большинства таких отходов. К настоящему времени стало понятным, что дальнейшее захоронение или хранение на открытых площадках фильтр-кеков, нефтешламов и отработанных горючих жидкостей становится невозможным. Необходимы срочные мероприятия международного уровня по переработке как накопившихся за последние десятилетия отходов, так и вновь образующихся.

Фильтр-кеки представляют перспективные (по экономическим, экологическим, энергетическим характеристикам, а также с точки зрения пожаровзрывобезопасности) компоненты топлив, но слабо изученные. В первую очередь, отсутствует информация о реологических свойствах органоугольных топлив (ОВУТ) на основе таких кеков.

Цель настоящей работы – получение информационной базы данных о реологических свойствах суспензий ОВУТ, приготовленных на основе наиболее широко производимых фильтр-кеков.

В качестве основного компонента органоугольного топлива использовались отходы обогащения каменных углей – фильтр-кеки, полученные на группе обогатительных фабрик Кемеровской области (Россия, Кузбасс). В качестве жидкого горючего компонента использовались мазут и отработанное турбинное масло. Реологические свойства органоугольных топливных композиций изучались с помощью ротационного вискозиметра MLW Rheotest 2. Результаты определения напряжения сдвига от скорости сдвига для всех изученных составов удовлетворительно описываются моделью Балкли – Гершеля.

В работе определены реологические свойства перспективных суспензий ОВУТ, приготовленных из отходов обогащения угля и использованных нефтепродуктов, таких как фильтр-кеки обогащения углей различной стадии углефикации и отработанные индустриальные масла. Вязкость изученных в работе составов лежит в диапазоне 200 – 600 мПа\*с. Показано, что вязкость составов ВУТ на основе кеков определяется, в первую очередь, стадией углефикации обогащаемого угля, а для составов ОВУТ вязкость не коррелирует со стадией углефикации обогащаемого угля. Изучено влияние компонентного состава топлива (содержание воды), типа и концентрации используемого жидкого горючего компонента, температуры и времени хранения топлива на вязкость суспензий ОВУТ. Установлена возможность регулирования вязкости топливных составов для достижения требуемых для практического применения значений и определены критерии оптимизации составов топлив, такие как теплота сгорания, время зажигания и полного сгорания, вязкость составов.

Исследование профинансировано Российским научным фондом (грант 15–19–10003).

## КАТАЛИЗАТОРЫ СИНТЕЗА ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА

**Мироненко А.В., Казиева А.Б., Кудьярова Ж.Б.,  
Ергазиева Г.Е., Досумов К., Мансуров З.А.**  
*Институт проблем горения, г.Алматы*  
*e-mail: anamir.48@mail.ru*

Исследованы каталитические системы переработки модельной смеси синтез газа  $H_2/CO=2$  на основе стеклоткани КТ-11-ТО и цеолитов 5A и HZSM-5 в реакции синтеза ДМЭ. Установлено, что модификация образцов на основе КТ-11-ТО и HZSM-5 оксидами Co, Ce и Al и Cu, Zn и Al приводит к образованию в жидкой фазе метанола и ДМЭ. В жидкой фазе катализатора на основе 5A дополнительно наблюдается образование этанола

Диметиловый эфир (ДМЭ) в настоящее время рассматривается как наиболее эффективный и экологически чистый заменитель дизельного топлива. Его предполагается применять в качестве топлива дизельных двигателей, без существенной переделки последних. Использование ДМЭ приводит к резкому снижению шума и вредных выхлопов и обеспечивает выполнение наиболее жестких требований EURO-4 и ULEV без очистки выхлопа. В связи с этим разработка катализаторов и технологии синтеза ДМЭ из природного газа представляет огромный научный и практический интерес, что является особенно актуальным из-за острой необходимости в мире моторного топлива и защиты окружающей среды [1]. Синтез катализаторов проводился с использованием метода "solution combustion" (SC) [2] или методом пропитки. В качестве восстановителя азотнокислых солей, входящих в состав катализатора, применялась лимонная кислота. Образцы полиоксидных катализаторов готовились на основе стеклоткани КТ-11-ТО и цеолитов (CaA, HZSM-5). Исследование активности проводилось на лабораторной каталитической установке, работающей при давлениях до 1МПа, в интервале температур от 100 до 300 °С. В качестве исходного газа использовалась модельная смесь синтез-газа с соотношением  $H_2/CO=2$ . Объемная скорость подачи смеси варьировалась от 600 до 1500 ч<sup>-1</sup>. Каталитическая активность проверялась методом on-line с использованием газохроматографического анализа на приборах «ХРОМОС ГХ-1000». Также проводился газохроматографический анализ жидкой фазы, в состав которой входили жидкие компоненты продуктов реакции - метанол и диметиловый эфир. Установлено, что каталитическая система на основе цеолита марки HZSM-5, имеющая в своем составе оксиды Cu, Zn и Al и приготовленная методом пропитки без добавления восстановителя проявляет каталитическую активность в процессе получения ДМЭ при T=260 °С и P=0,5 МПа: выход метанола составляет 13,1 об.%, а диметилового эфира – 56,8 об.%. На стеклоткани, модифицированной оксидами Co, Ce и Al отмечено образование  $CH_3OH$ -0,2 об.% и ДМЭ-39,8 об.%.

### **Литература**

1. Косова Н.И. Получение диметилового эфира из синтез-газа // *Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. – М. : ПХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – Т. 24, № 1(106). – С. 74–76.*
2. Aldashukurova G.B., Mironenko A.V., Mansurov Z.A., Shikina N.V., Yashnik S.A., Kuznetsov V.V., Ismagilov Z.R. Synthesis gas production on glass cloth catalysts modified by Ni and Co oxides // *Elsevier, Journal of Energy Chemistry. – 2013. - Vol. 22. - № 5. – P. 811-818.*

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**Пономарева А. А., Мажукин А. К., Лесных А. В., Цой К. А.,  
Урюпин Г.В., Бабушок В.И., Минаев С. С., Штым К. А.  
*Дальневосточный федеральный университет, Владивосток*  
*e-mail:ponomareva.aa@dvvu.ru***

В рамках исследований свойств брикетов на основе угля, выполнен ряд экспериментальных работ, в ходе которых изучены теплофизические характеристики материалов, составы продуктов термического разложения и температурные диапазоны выхода различных горючих газов, временные параметры и концентрации СО при полном сжигании в горючей газовой среде (смесь пропан/бутан-воздух).

Высокоэффективное сжигание низкосортных углей в котлах тепловых электростанций является одной из важнейших и актуальных проблем энергетического комплекса. Несмотря на большие запасы твердого топлива, применение некоторых видов таких энергоресурсов в энергетике путем традиционного сжигания затруднено, поскольку они обладают низкой теплотворной способностью, которая обусловлена малым содержанием углерода в горючей части, высокой влажностью и зольностью, токсичностью продуктов сгорания. При этом, перечисленные особенности не препятствуют переработке топлив путем пиролиза и газификации. Полученный в результате газификации, горючий газ является более качественным топливом (по сравнению с исходным), сжигание которого не приводит к описанным выше затруднениям. Полученный горючий газ может быть более эффективно использован в котлах, так как сжигание газообразного топлива исключает потери тепла с механическим недожогом. Исследуя температурные режимы, можно определить температурный диапазон, в котором газы выделяются интенсивнее, что позволит скорректировать технологические режимы энергетических установок.

Для проведения исследований по изучению физико-химических особенностей термического разложения были созданы брикеты композитных материалов на основе Дальневосточных бурых углей с добавлением таких материалов как мазут, битум, целлюлоза, картон. Отдельно для сравнения исследовались образцы угля без добавок. В ходе выполнения исследований определены теплофизические характеристики (влажность, зольность, низшая теплота сгорания), определен химический состав продуктов термического разложения для каждого из исследуемых образцов, оценены температуры, при которых наблюдаются максимумы поглощения ИК-излучения для каждого из обнаруженных компонентов ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  и др.) газовых смесей, полученных на выходе из реакционной камеры. Выявлены температурные зоны образования различных компонентов газовых продуктов разложения. Дополнительно проведены эксперименты по сжиганию образцов в горючей газовой среде (смесь пропан/бутан-воздух) с концентрацией кислорода 17-18 об.% для определения временных характеристик и концентрации образованного СО. Полученные в ходе комплекса исследований данные позволили выбрать оптимальный состав композитных углесодержащих материалов (брикетов), а также сформулировать рекомендации по технологическим условиям сжигания для более эффективной переработки твердого топлива в автономных энерготехнологических установках.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-08-01207.



## ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОКОМПОЗИТОВ $Mn_xO_y/C$ и $Cr(OH)_3/C$

Сименюк Г.Ю.<sup>1</sup>, Захаров Ю.А.<sup>1,2</sup>, Барнаков Ч.Н.<sup>1</sup>, Илькевич Л.В.<sup>1</sup>,  
Троснянская Т.О.<sup>2</sup>, Гимазетдинова М.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр угля и углекими СО РАН, г. Кемерово

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Кемеровский государственный университет

e-mail: galina-simenyuk@yandex.ru

Получены и исследованы электрохимическими методами наноконкомпозитные электродные материалы  $Mn_xO_y/C$  и  $Cr(OH)_3/C$ .

Наноконкомпозиты на основе высокопористых углеродных материалов, наполненных наноразмерными кристаллитами оксидов или гидроксидов переходных металлов, являются перспективными гибридными электродными материалами суперконденсаторов [1], сочетающими в себе высокую емкость двойного электрического слоя на границе электрод/электролит, характерную для высокопористых углеродных материалов, и высокую псевдоемкость оксидов и гидроксидов переходных металлов (марганца, никеля, кобальта, рутения и др.), обусловленную протеканием обратимых фарадеевских окислительно-восстановительных реакций.

Нами разработаны способы получения гибридных наноконкомпозитных электродов на основе высокопористых углеродных материалов, наполненных оксидами марганца или гидроксида хрома. В качестве углеродных матриц использовали высокопористые углеродные материалы с удельной поверхностью 1000-2500 м<sup>2</sup>/г и объемом пор 0,7-3,5 см<sup>3</sup>/г [2,3]. Наноконкомпозиты  $Mn_xO_y/C$  с содержанием марганца 1-5% получали восстановлением углеродной матрицей раствора перманганата калия. Наноконкомпозиты 2-3%  $Cr(OH)_3/C$  получали восстановлением предварительно импрегнированного в поры углеродного материала раствора дихромата калия гидразином в присутствии КОН. Композиты исследовали методами рентгенофазового анализа, малоуглового рассеяния рентгеновского излучения. Электрохимические исследования полученных гибридных электродных материалов проводили методами циклической вольтамперометрии, гальваностатического заряда-разряда и электрохимической импедансной спектроскопии в асимметричной ячейке суперконденсатора. В качестве рабочего электрода использовали гибридный наноконкомпозитный электродный материал, в качестве противоэлектрода – исходный углеродный материал.

Комплексом электрохимических методов установлено, что емкость асимметричных ячеек с гибридными наноконкомпозитными электродными материалами выше, чем емкость симметричной ячейки с электродами на основе исходной углеродной матрицы. Для оптимальных составов наноконкомпозитов наблюдается увеличение емкости электродного материала в 1,2-1,8 раза.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

### Литература

1. G.Y. Simenyuk, Y.A. Zakharov, N.V. Pavelko, V.G. Dodonov, V.M. Pugachev, A.V. Puzynin, T.S. Manina, C.N. Barnakov, Z.R. Ismagilov // *Catalysis Today*. – 2015. – V. 249. – P. 220-227.
  2. Ч.Н. Барнаков, А.В. Самаров, Н.В. Шикина, Д.Г. Якубик // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2015. – Т. 23. – № 2. – С. 219-223.
- Манина Т.С., Федорова Н.И., Исмагилов З.Р. // *Кокс и химия*. 2016. № 7. С. 27-30.



*Доклады заочных участников*

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ $\text{Co}_3\text{O}_4$ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Абылгазина Л. Д., Ермагамбет Б. Т., Касенова Ж. М.,  
Нургалиев Н. У., Холод А. В.

ТОО «Институт химии угля и технологии», г. Астана, e-mail: coaltech@bk.ru

В данной работе проведен синтез наноструктурированных частиц оксида кобальта электроразрядным способом, с использованием соли кобальта в качестве прекурсора. Морфология поверхности, фазовый состав, типы функциональных групп изучены методами электронной микроскопии, рентгеновской дифракции, ИК-спектроскопии

В данной работе проведен синтез наночастиц оксид кобальта методом электроразрядного воздействия, а также изучен эффект влияния времени разряда на размер и морфологию полученных наноструктур.

В качестве объекта электроразрядного воздействия служил водный раствор соли нитрата кобальта с добавлением гексана. Предварительно 2 грамма соли нитрата кобальта растворяли в 10 мл воды, затем смешивали с 10 мл гексана. Полученный раствор заливали в реактор и подавали на него электроимпульсный разряд напряжением 15 кВ. Время импульса составляло 0,2 сек, расстояние между электродами – 11 мм. Время подачи разряда увеличивали от 1 до 5 минут с шагом 10 секунд. При длительности воздействия разряда 5 минут происходило разложению раствора на отдельные компоненты. После окончания эксперимента полученное вязкое вещество сушили на воздухе при 105 С.

При синтезе наночастиц кобальта путем электродугового разряда в водном растворе наблюдалось разложение нитрата кобальта. Это приводит к образованию оксидов азота и наночастиц оксида кобальта, формируемые в среде гексана.

Полученные наночастицы изучены методами рентгенофазного анализа, ИК-спектроскопии, электронной микроскопии. Анализ РЭМ-изображений показывает, что образцы представляют собой сферические частицы с размерами 100-120 нм. С учетом того, что синтез проходил без применения стабилизирующего агента, наличие агрегированных форм наночастиц оксида кобальта, по-видимому, связано с поверхностным взаимодействием частиц. Дифрактограмма идентифицируют пики при  $2\theta = 31.2^\circ, 36.7^\circ, 38.4^\circ, 44.7^\circ, 55.6^\circ, 59.3^\circ$  и  $65.2^\circ$ , что в свою очередь подтверждает кристаллическую структуру типа шпинели  $\text{Co}_3\text{O}_4$  с пространственной группой  $Fd-3m$ . Касательно, ИК-спектра, интенсивные полосы при 563 и  $659\text{ см}^{-1}$  принадлежат кристаллической структуре типа шпинель  $\text{Co}_3\text{O}_4$ . Пик при  $660-670\text{ см}^{-1}$  относится к валентным колебаниям связи  $\text{Co-O}$ , где кобальт находится в состоянии  $\text{Co}^{+2}$  и является тетраэдрически координированным. Пик при  $563-570\text{ см}^{-1}$  может быть отнесен к колебаниям связи  $\text{Co-O}$ , в которой кобальт находится в октаэдрически координированном состоянии  $\text{Co}^{+3}$ . Пики при 3379 и  $1520-1631\text{ см}^{-1}$  обусловлены валентными и деформационными колебаниями молекул воды, поглощенных наночастицами  $\text{Co}_3\text{O}_4$ .

Таким образом, рассмотренный электрофизический способ получения наноструктурированных частиц оксида кобальта (с размерами 100-120 нм) без каких-либо поверхностно-активных веществ и стабилизаторов позволяет проводить синтез за относительно короткий период времени (до 5 мин) и с меньшими расходами на исходные материалы (реактивы и др.).

## ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ УГЛЯ И ТВЕРДЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОДУКТОВ

Амир Ж.А., Тулепов М.И.

Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы  
e-mail: amirjanibek@mail.ru

Исследовано влияние твердых полимерных продуктов, таких как полиэтилен, резиновая крошка на показатели процесса гидрогенизации бурого угля Каражирского месторождения в присутствии концентрата Балхашского месторождения. Катализаторы получали механохимическим активированием концентрата Балхашского месторождения, с последующим диспергированием в угле в присутствии полиэтиленового пастообразователя и резиновой крошки.

Объектом исследования являются угли центрального региона Казахстана и твердые органические отходы в виде полимеров. Цель работы – определение оптимальных макрокинетических условий и подбор пастообразователя для интенсификации выхода жидких продуктов из углей и органических отходов.

Смесь угля, пастообразователя в виде полиэтилена (1), либо резиновой крошки (2), взятые в количестве 10-15 % по отношению к весу смеси, и железосодержащего катализатора в виде концентрата Балхашского месторождения загружают в мельницу-активатор центробежно-планетарного типа. Диспергируют компоненты смеси до фракции 0,20-0,25 мм с одновременным перемешиванием. Полученную мелкодисперсную смесь загружают в стальной вращающийся автоклав объемом 0,5 л. Продувают автоклав аргоном и подают водород под давлением 4-5 МПа. Автоклав нагревают до 430-440 °С. При этом давление в автоклаве составляет 10,0 - 12,5 МПа. По истечении 50-60 минут автоклав охлаждают с последующим выделением целевых продуктов.

1) Выход жидких продуктов с температурой кипения выше 200°C составил 15 мас. % в расчете на вес загружаемой смеси. Выход жидких продуктов с температурой кипения ниже 200°C составил 37 мас. %. Степень конверсии смеси в жидкие и газообразные продукты, определенная по весу твердого остатка после экстракции петролейным эфиром, составила 84 мас. %.

2) Выход жидких продуктов с температурой кипения выше 200°C составил 14 мас. % в расчете на вес загружаемой смеси. Выход жидких продуктов с температурой кипения ниже 200°C составил 32 мас. %. Степень конверсии смеси в жидкие и газообразные продукты, определенная по весу твердого остатка после экстракции петролейным эфиром, составила 77 мас. %.

В настоящей работе изучено влияние полимеров, а именно полиэтилена и резиновой крошки на показатели процесса гидрогенизации бурого угля Каражирского месторождения.

### Литература

- 1 Каган Д.Н., Кречетова Г.А., Шпильрайн Э.Э. Малостадийный процесс получения синтетических моторных топлив из природного газа на малогабаритных установках низкого давления. Технология. Экономика. М.: ОИВТ РАН, 2004, 59 с.
- 2 Липович В.Г., Калабин Г.А., Калечиц И.В. и др. Химия и переработка угля, – М.: Химия, 1988. – 336 с.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ УНОСА ТЭС

**Байжомартов Б.Б., Емельянова В.С., Каирбеков Ж.К., Досумова Б.Т.,  
Шакиев Э.М., Елубай М., Аманжолов Е.Р.**

*Научно-исследовательский институт новых химических технологий и  
материалов, Республика Казахстан, г. Алматы, e-mail: niinhtm@mail.ru*

В работе обнаружено, что выделенные из золы уноса магнитосодержащие алюмосиликатные микросферы являются высокоэффективными катализаторами окисления  $SO_2$ .

Уголь состоит из органического и минерального вещества. Богатая углеродом органическая составляющая – носитель тех полезных свойств, благодаря которым уголь относится к полезным ископаемым. А вот минеральные компоненты только ухудшают качество угля как топлива. Угли Кузбасса и Экибастуза относятся к высокозольным и для них актуальны вопросы переработки золы и шлама.

Одним из компонентов энергетических зол от сжигания угля в топках ГРЭС являются магнитные алюмосиликатные микросферы, образующиеся в результате термохимических превращений минеральной части угля. Сочетание магнитных свойств и высокой термической устойчивости позволяет использовать их в качестве функциональных материалов и катализаторов окисления.

В качестве исходного сырья использовали определенную фракцию ценосфер крупностью 20-250 мм, насыпной плотностью  $350 \text{ г/см}^3$  и удельной поверхностью  $12,5 \text{ м}^2/\text{г}$ , которую выделяли из концентрата ценосфер летучих зол от сжигания угля Экибастузского месторождения (Казахстан) на Алматинской ТЭЦ-2. Разработаны техника и технология фракционного разделения алюмосиликатных зол уноса ТЭС в восходящем потоке разделяющей среды с наложением многократной пульсации и магнитного поля определенной напряженности. Химический состав исходных ценосфер, масс. %:  $SiO_2$  – 59.73;  $Al_2O_3$  – 26.41;  $Fe_2O_3$  – 5.51;  $CaO$  – 2.15;  $TiO_2$  – 1.19;  $Na_2O$  – 0.82; S – 0.87; P – 0.539. По данным количественного рентгенофазового анализа фазовый состав представлен в основном кварцем и муллитом.

Мессбауэровские исследования ценосфер показали, что в ценосферах с содержанием менее 7 масс. %  $Fe_2O_3$  железо входит в состав суперпарамагнитного магнетита.

Мы обнаружили, что выделенные из золы уноса магнитосодержащие алюмосиликатные микросферы являются высокоэффективными катализаторами окисления  $SO_2$ .

Основные результаты исследования микросферических катализаторов окисления  $SO_2$  кислородом свидетельствуют о том, что степень конверсии и скорость процесса зависят от концентраций компонентов системы  $Na_2SO_3$ –Al–O–Si–Fe– $H_2SO_4$ – $H_2O$ . В оптимальных условиях степень превращения  $Na_2SO_3$  достигает 100 %, максимальная скорость поглощения кислорода достигает 6-8 мл/мин. В большинстве случаев зависимость скорости окисления  $Na_2SO_3$  от исходных концентраций компонентов имеет экстремальный характер.

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА И ДОБАВОК ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ФОРМИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНОЙ СТРУКТУРЫ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА ПРИ КАРБОНИЗАЦИИ

Барнаков Ч.Н., Хохлова Г.П., Попова А.Н., Козлов А.П.

Институт углекимии и химического материаловедения ФИЦ угля и углекимии  
СО РАН, г. Кемерово, e-mail: barnakov@rambler.ru

Показано, что ультразвуковая обработка пека повышает выход углеродного материала, получаемого при его карбонизации, и увеличивает долю углерода с более упорядоченной структурой. Добавка одностенных нанотрубок не катализирует кристаллизацию углерода при карбонизации пека и даже приводит к снижению доли более упорядоченных структур.

Обычный способ получения графитов является энергоемким и длительным. Использование катализаторов, в качестве которых выступают соединения переходных металлов, преимущественно Fe, Co и Ni, можно ускорить процесс и снизить температуру начала графитации углерода [1]. Наши исследования показали, что в качестве катализаторов графитации могут выступать также углеродные материалы, такие как пенографит или игольчатый кокс, в присутствии которых из пека при 900°C были получены углеродные материалы (УМ) с повышенной степенью графитации и значительными размерами кристаллитов [2]. В данной работе исследовано влияние углеродных одностенных нанотрубок (ОНТ) и условий их введения на структуру УМ, получаемого при карбонизации каменноугольного пека в пределах температур до 900°C.

Для исследования взят промышленный среднетемпературный каменноугольный пек. В качестве добавки использованы ОНТ TUBALL™ (производство ООО «Плазмохимические технологии», г. Новосибирск, ТУ 2166-001-91735575-2014). Введение ОНТ в пек в количестве 0,005-0,03% осуществляли методом ультразвукового (УЗ) перемешивания в расплаве или растворе пека в хлороформе. Карбонизацию проводили в муфельной печи при нагревании до 900°C. Структура полученных УМ исследована методом рентгеновской дифракции с разложением рефлексов на составляющие с помощью программы обработки рентгеновских дифрактограмм TOPAS.

Установлено, что добавка ОНТ не катализирует кристаллизацию углерода при карбонизации пека и даже приводит к снижению доли более упорядоченных структур, одновременно снижая их степень конденсации и ароматизации. УЗ-обработка пека повышает выход УМ, получаемого при его карбонизации, и увеличивает долю углерода с более упорядоченной структурой.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

### Литература:

- H. Yasuda, S. Miyanaga, A. Nakamura, H. Sakai, J. Inorg. and Organomet. Polym. 1 (1991) № 1, 135.  
Ch.N. Barnakov, G.P. Khokhlova, A.N. Popova, S.A. Sozinov, Z.R. Ismagilov, Eurasian Chemical-Technological Journal 17 (2015) № 2, 87.

## ПОЛУЧЕНИЕ ПЕКА ИЗ СМОЛЫ КОКСОВАНИЯ И ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Барнаков Ч.Н., Хохлова Г.П., Самаров А.В., Усов О.М., Вершинин С.Н.,  
Илькевич Л.В., Козлов А.П.

*Институт углекимии и химического материаловедения ФИЦ угля и углекимии  
СО РАН, г. Кемерово, e-mail: barnakov@rambler.ru*

Представлен обзор исследований авторов по расширению сырьевой базы получения каменноугольного пека путем использования добавок ископаемых углей или побочных продуктов химической промышленности - таллового масла, смолы полукоксования, кубового остатка ректификации стирола. При получении пека использована ультразвуковая обработка сырья и изучено ее влияние на свойства пека и его токсичность.

Потребности в каменноугольной смоле как сырье для получения каменноугольного пека превышают ее производство. По данным на 2006 г. потребление пека в России составляло ~ 550 тыс. т/год, производство - ~ 320 тыс.т/год. В 2011 г. показатели даже ухудшились: общее производство пека составило 300 тыс. т/год, из которых 200 тыс.т пошло на производство анодов, тогда как потребность в пеке для анодов - 500 тыс.т. Дисбаланс, составляющий 300 тыс.т/год, пополняется за счет импорта.

С целью расширения сырьевой базы производства каменноугольного пека в качестве сырья исследованы смеси каменноугольной смолы и антраценовой фракции с добавками углей марок Д, 2Б, 2Г и ГЖ и побочных продуктов химической промышленности - таллового масла, смолы полукоксования, кубового остатка ректификации стирола [1-3]. Для получения пека использован метод окисления кислородом воздуха. Перед окислением исходное сырье подвергали ультразвуковой обработке.

Обогащение антраценовой фракции углем путем его растворения под действием ультразвука увеличивает выход пека и его коксовый остаток, однако основной проблемой является не растворение угля, а отделение золы. Использование в качестве добавок к коксохимической смоле и антраценовой фракции отходов химической промышленности позволяет снизить их расход при получении связующего пека с требуемыми характеристиками и не вызывает технологических и экономических затруднений.

Предварительная ультразвуковая обработка сырья повышает выход пека а также приводит к снижению концентрации бенз(а)пирена в исходном сырье и получаемых пеке и легкой фракции.

### **Литература:**

1. Барнаков Ч.Н., Вершинин С.Н., Хохлова Г.П., Самаров А.В. Влияние таллового масла и ультразвуковой обработки на получение пека из смолы полукоксования или антраценовой фракции // *Кокс и химия*. 2015. № 10. С. 33-37.
2. Барнаков Ч.Н., Вершинин С.Н., Хохлова Г.П., Усов О.М., Самаров А.В., Козлов А.П. Влияние ультразвуковой обработки на получение пека из каменноугольной смолы и ее смеси с кубовым остатком ректификации стирола // *Кокс и химия*. 2016. № 5. С. 39-43.
3. Барнаков Ч.Н., Вершинин С.Н., Хохлова Г.П., Самаров А.В., Козлов А.П. Получение каменноугольных пеков окислением экстрактов углей в антраценовой фракции // *Кокс и химия*. 2016. № 8. С. 42-44.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ УГЛЕПОДГОТОВКИ НА СВОЙСТВА ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Белогурова Т.П.<sup>1</sup>, Мальцев Л.И.<sup>2</sup>, Миханошина И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им.И.В.Тананаева Кольского научного центра РАН, Апатиты,  
e-mail: [belog\\_tp@chemy.kolasc.net.ru](mailto:belog_tp@chemy.kolasc.net.ru)

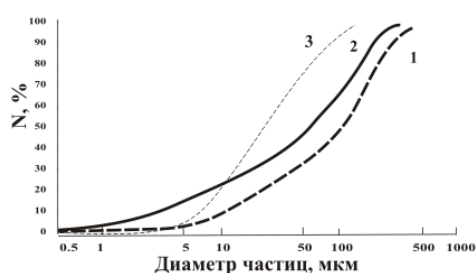
<sup>2</sup>Институт теплофизики им.С.С.Кутателадзе СО РАН, Новосибирск,  
e-mail: [maltzev@itp.nsc.ru](mailto:maltzev@itp.nsc.ru)

The article presents a comparative analysis of different methods of preparation coal. It is shown that more intensive combustion processes are of coal samples subjected to cavitation treatment.

В настоящее время в угольной энергетике наиболее распространен способ сжигания угля в виде пылеугольного топлива (ПУТ). Перспективной технологией использования угля является способ его сжигания в виде водоугольной суспензии (ВУС). В этой связи повышенное внимание уделяется технологиям микропомола, связанным с высокодисперсным измельчением углей.

Целью исследований, проведенных в ИХТРЭМС КНЦ РАН, являлось изучение влияния высокоэнергетического воздействия на уголь в процессе его помола на шаровой барабанной мельнице (ШБМ), а также последующего доизмельчения на дезинтеграторе или на гравитационном генераторе кавитации. Исследования выполнялись на образцах водоугольных топлив (ВУТ), приготовленных из антрацита и угля Беловского разреза (Кузбасс) с предварительным измельчением на помольном оборудовании в ИТ СО РАН.

На основании выполненных исследований установлено, что и дезинтеграция, и кавитационная обработка являются эффективными средствами управления характеристиками угольных топлив. Оба способа позволяют выполнить существенное доизмельчение частиц угля. При этом дезинтеграция более эффективно действует в области крупных частиц, а кавитационная обработка – в области малых частиц.



На рисунке представлен гранулометрический состав ВУС, приготовленной на ШБМ (1), после кавитационной обработки (2) и после дезинтегратора (3), где N – содержание частиц данного размера в угольной массе суспензии или сухого порошка. Из графиков видно, что гранулометрический состав угольного порошка после кавитационной обработки

суспензии соответствует требованию бимодальности, т.е. в спектре частиц угля имеется зона с довольно большим содержанием частиц размером до 10 мкм, и вторая зона – частиц размером 90-120 мкм, что обеспечивает лучшие реологические характеристики ВУС.

Исследования, проведенные с помощью электронного микроскопа, позволили охарактеризовать порошковое состояние частиц по их дисперсному разбросу, развитой поверхности, форме скола и другим показателям. Установлено, что после кавитационной обработки большинство частиц угля приобретают форму скола, для которой характерно термодинамически неравновесное состояние, в силу чего горение обработанных углей и водоугольного топлива на их основе должно происходить более эффективно.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В УГЛЯХ И ЗОЛАХ АЗЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Вымятнин Е.К, Ильенок С.С, Маслов С.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск,

Методом нейтронно-активационного анализа исследованы пробы бурого угля Азейского месторождения Иркутского угольного бассейна. Определено содержание токсичных элементов-примесей. Данные настоящего исследования могут стать основой для разработки методик исследования содержания элементов-примесей в углях.

В настоящее время в связи с развитием угледобывающей и углекимической промышленности как никогда актуален вопрос экологии. Для решения этого вопроса необходимо применять комплексный подход к переработке и использованию угля, который включает в себя извлечение из углей и углеотходов широкого спектра элементов-примесей. Такие элементы составляют обычно не более 1 % от всей массы неорганического вещества [1], но являются ценным промышленным сырьем в различных отраслях. Наиболее остро стоит проблема утилизации отходов сжигания угля, содержащих токсичные элементы-примеси. К таким элементам относят те, которые при сжигании углей способны переходить в газовую фазу при температуре сжигания и выбрасываются с дымовыми газами в атмосферу. В число токсичных элементов-примесей, характерных для углей, входят As, Se, Cr, Sb, Pb, U, Th [1]. Содержание этих элементов в углях Азейского месторождения было определено в данной работе.

В нашей стране содержание данной группы элементов в углях и их золах до сих пор никак не регламентируется. Эти элементы обладают канцерогенным действием, могут вызывать разнообразные патологические изменения в организме человека. В золе концентрация токсичных элементов-примесей может быть намного выше, чем в исходном угле. Поэтому, необходимость в изучении концентраций токсичных элементов в углях и продуктах их сжигания весьма актуальна. Данные этой работы могут использоваться впоследствии при составлении нормативных документов, касающихся регламентирования содержания токсичных элементов-примесей в углях, а также при разработке аналитических методик для изучения элементов примесей в углях.

В данной работе при помощи нейтронно-активационного анализа были исследованы пробы угля и золы угля Азейского месторождения. Выбор углей этого месторождения обусловлен аномально высоким содержанием некоторых элементов-примесей [2]. Данные о среднем содержании токсичных элементов-примесей и аномальные концентрации в некоторых пробах, представлены в таблице 1. Данные по аномальным концентрациям этих элементов в некоторых пробах приведены для выявления максимальных превышений значений кларков.

**Таблица 1.** Содержание токсичных элементов-примесей в углях и золе Азейского месторождения, г/т

Наименование пробы	Уголь							Зола угля						
	As	Se	Cr	Sb	Pb	U	Th	As	Se	Cr	Sb	Pb	U	Th
Среднее содержание	2,7	<1	48,4	0,50	11,0	1,30	2,57	20,5	11,2	393,5	6,42	126,3	27,4	79,2
Аномальные концентрации	7,5	1,1	75,2	2,89	14,7	4,74	14,9	63,1	15,4	1066,8	16,0	145,6	133,6	188,8

Сравнивая данные, полученные в ходе исследования проб угля Азейского месторождения с кларком углей [3], можно сделать вывод, что среднее содержание

As, Se, Sb, U в углях не превышает или ниже значений кларка. Среднее содержание Cr, Pb и Th серьезно превышает значения кларка. Это означает, что уголь Азейского месторождения опасен для окружающей среды на этапах добычи и хранения. Содержание токсичных элементов-примесей в золе углей превышает значения кларков для земной коры [4] в десятки раз. Это означает, что уголь Азейского месторождения представляют серьезную экологическую опасность при неправильном режиме переработки. Для снижения угрозы окружающей среде при переработке и использовании углей данного месторождения в качестве топлива (особенно в процессе сжигания) необходимо тщательно подбирать защитные меры.

#### **Литература**

1. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2005.
2. Ильенко С. С., Арбузов С. И. Минеральные формы редких элементов в углях и золах углей Азейского месторождения Иркутского угольного бассейна // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2016. — Т. 327, № 2. — [С. 6-20].
3. Ketris M.P., Yudovich Ya.E. Estimations of Clarkes for Carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals // International Journal of Coal Geology. — 2009. — V. 78. — Pp. 135–148.
4. Taylor, S.R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table // Geochimica et Cosmochimica Acta 1964. — V. 28. Pp. 1273–1285.

## **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ПЫЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

**Голоскоков С.И. , Голоскоков Е.И. , Коптев М.Ю. , Довыденко С.А. ,  
Тихоненко А.А., Филонов Н.В.**

*АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, e-mail: s.goloskokov@nc-vostnii.ru*

Взрывы газа и пыли на угольных шахтах России, особенно в последние годы, стали доминирующими травмирующими факторами с наиболее тяжелыми последствиями в социальном и экономическом плане по сравнению с другими видами аварий и, в большинстве случаев, носят характер катастроф. Нередко они сопровождаются групповыми несчастными случаями, в отдельных случаях уносят сотни человеческих жизней.

Анализ аварий выявил низкую эффективность существующих систем мониторинга пылевзрывобезопасности горных выработок. Для решения данной проблемы с 31.05.2017г законодательно предусматривается осуществление контроля пылевзрывобезопасности горных выработок в местах интенсивного пылеотложения посредством непрерывного мониторинга пылевых отложений переносными и стационарными средствами измерений утвержденного типа, прошедшими поверку, с выводом информации в диспетчерский пункт шахты (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31 октября 2016 года N 450 «О внесении изменений в некоторые приказы Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, устанавливающие требования в области промышленной безопасности при добыче угля подземным способом»).

Сложность осуществление данного требования связана с отсутствием технической и методологической возможности выполнения непрерывного контроля. На сегодняшний день в России проводятся опытно-промышленные испытания систем, основывающихся на автоматизации прямых методов оценки количества отложившейся пыли (методов, основанных на измерении массы пыли, отложившейся на единицу площади), и систем контроля пылевзрывобезопасности с применением стационарных измерителей запыленности.

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДИСПЕРСНОСТЬ ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ

Ермагамбет Б.Т., Нургалиев Н.У., Касенова Ж.М., Казанкапова М.К.,  
Холод А.В., Абылгазина Л.Д.

ТОО «Институт химии угля и технологии», г. Астана,

e-mail: coaltech@bk.ru

В данной работе проведено исследование влияния электрофизического воздействия на дисперсность гуминового удобрения, полученного из бурого угля (Казахстан). Установлено, что по сравнению с исходной угольной суспензией в готовом продукте средний размер частиц существенно уменьшается.

В ТОО «Институт химии угля и технологии» (г. Астана) разработана технология получения гуминового удобрения из окисленных бурых углей (высококонцентрированный водный раствор). В соответствии с данной технологией гуминовые кислоты переводятся в биологически активные соединения – гуматы калия. В качестве исходного сырья использовали бурый уголь Майкубенского бассейна, предварительно измельченный до крупности менее 0,3 мм и имеющий следующие характеристики (мас.%):  $A^d$  – 25,8;  $W^r$  – 9,3;  $V^d$  – 46,6;  $S_t^d$  – 0,71. Выход свободных гуминовых кислот (на аналитическое состояние) составил 87 %. Технология основана на совместном осуществлении электрофизического диспергирования бурого угля и подачи воздушного дутья.

На рисунке 1 приведены кривые зависимости концентрации соответственно микрочастиц исходного угля и гуминового удобрения от их размеров (мкм). Данные кривые получены с помощью метода лазерной дифракции. Анализ данных показал, что средний размер микрочастиц исходного угля и удобрения составляет соответственно 112,8 мкм и 20,4 мкм.

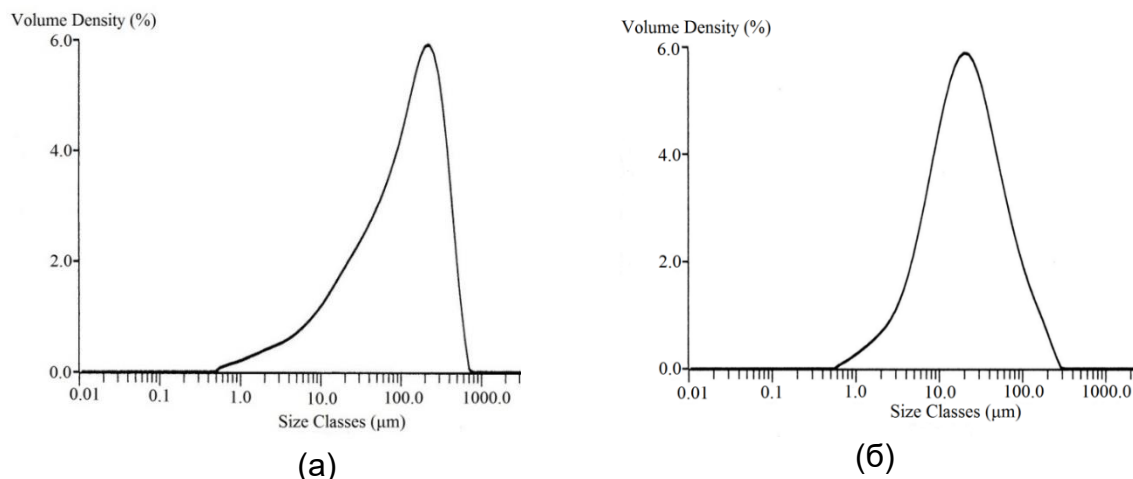


Рисунок 1. Кривые зависимостей концентрации (мас. %) микрочастиц исходного угля (а) и гуминового удобрения (б) от их размеров (мкм)

Таким образом, электрофизическое воздействие на угольную суспензию позволяет существенно повышать дисперсность частиц, получать однородные и химически чистые смеси, активировать процессы диспергации и растворения, что, в свою очередь может способствовать более быстрой усвояемости растениями активных компонентов гуминового удобрения.

**РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ СУЛЬФООКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА  
НА БАЗЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ УГЛЕЙ**  
Емельянова В.С., Каирбеков Ж.К., Досумова Б.Т., Байжомартов Б.Б., Шакиев  
Э.М., Елубай М., Саттарова Ы.Н.

*Научно-исследовательский институт новых химических технологий и  
материалов, Республика Казахстан, г. Алматы, e-mail: niinhtm@mail.ru*

На основе гуминовых веществ, выделенных из углей разработаны наноразмерные магнитные высокоэффективные катализаторы селективного сульфюокисления фенола. Изучены состав и структура полученных катализаторов и кинетика сульфюокисления фенола в присутствии разработанных катализаторов.

Мы обнаружили, что магнитные композиты, стабилизированные гуминовой кислотой (ГК) являются активными катализаторами сульфюокисления фенола в водном растворе.

Исходя из экспериментальных данных найдено, что реакция сульфюокисления протекает по следующей схеме:  $RH + 2SO_2 \leftrightarrow ArSO_2-O-OH \leftrightarrow RSO_2OH + H_2SO_4$ .

В процессе реакции происходит одновременная очистка газов от  $SO_2$  и получение ценных сульфюокислот.

Гуминовые вещества извлекали из углей месторождения Киякты (Казахстан) согласно ГОСТ 9517-94.

Получение нанокompозитов на основе оксидов железа и гуминовых кислот осуществляется путем соосаждения хлорида железа (III) и хлорида железа (II), растворенных в воде, с добавлением в раствор гуминовой кислоты согласно приведенной ниже реакции:  $2FeCl_3 + FeCl_2 + 8NH_4OH + GK = Fe_3O_4/GK \downarrow + 8NH_4Cl + 4H_2O$ .

Анализ Мессбауровских спектров наночастиц позволил установить, что частицы исследуемых нанокompозитов демонстрируют супермагнитное поведение. Ядром нанокompозита является смесь нестехиометрического магнетита и маггемита. С увеличением содержания ГК в прекурсорах нанокompозита возрастает относительное содержание новой фазы, формирующейся на поверхности частиц в результате взаимодействия оксидов железа и ГК. Параметры парциального спектра ядер  $^{57}Fe$  в структуре новой фазы соответствует атомам  $Fe^{3+}$  в октаэдрическом окружении атомов кислорода. Размер частиц уменьшается:  $d$  (20 % ГК) =  $13,5 \pm 0,1$  нм,  $d$  (50 % ГК) =  $12,3 \pm 0,1$  нм. Выявлено, что наложение внешнего магнитного поля приводит к быстрому насыщению намагниченности в слабых и средних магнитных полях. Это, вероятно, обусловлено тем, что суммарный магнитный момент нанокompозита может в десятки и сотни раз превосходить магнитные моменты отдельных атомов. В результате в структуре нанокompозита возникают объемные, поверхностные силы и крутящиеся моменты, которые можно моделировать и использовать в создании управляемых движений.

Детально изучена кинетика сульфюокисления фенола в присутствии закрепленных на гуминовую кислоту магнетита. Полученные закономерности позволяют предположить внутрисферный механизм сульфюокисления фенола, включающий образование и в лимитирующей стадии редокс-распад промежуточного комплекса  $SO_3Fe_3O_4(GK)C_6H_5OH$ .



## ПРЕВРАЩЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ МАССЫ УГЛЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ВОДОРОДА В ЖИДКИЕ И ГАЗООБРАЗНЫЕ ПРОДУКТЫ

Ешимбетова Д.К. Тулепов М.И.

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби; Республика Казахстан,  
г. Алматы, e-mail: dilbara.eshimbetova@bk.ru*

В настоящее время мировое сообщество осознало необходимость поиска новых энергохимических источников в связи с приближающимся исчерпанием ресурсов нефти на нашей планете. Поэтому совместно с поиском альтернативных источников топлива и энергии особого внимания заслуживают вопросы использования ресурсов угля, как потенциального источника углеводородов, химических продуктов и водорода.

Запасы угля преобладают над остальными видами органического сырья, проблема утилизации изношенных шин и полиэтилена возрастает в геометрической прогрессии, все это позволяет считать совместную переработку твердых органических отходов и угля наиболее перспективным источником для производства жидкого, газообразного и твердого топлива. Одним из универсальных методов получения жидких продуктов из угля является прямая гидрогенизация, то есть под давлением воздействие на уголь атомарным водородом при высокой температуре с использованием пастообразователей и катализатора.

В настоящей работе изучено влияние железосодержащих катализаторов, введенных в реакционную смесь в высокодисперсной форме, на показатели процесса гидрогенизации бурого угля Каражирского месторождения. В качестве катализаторов использовался концентрат Балхашского месторождения, представляющего собой смесь пиритов и халькопиритов с общим содержанием Fe-32,80 %, Cu-22,58 %, Al-21,07 %, S-15,53 %, Zn-6,40 %, Pb-0,845%. Преимущества таких каталитических систем – доступность и возможность регенерации относительно простыми способами. Кроме того, невысокая стоимость позволяет использование их в качестве одноразовых катализаторов без стадии регенерации, что особенно актуально при разработке крупнотоннажных процессов гидрогенизации угля. Использование железосодержащих катализаторов, введенных в реакционную смесь в высокодисперсной форме в количестве 3% в расчете на ОМУ (органическая масса угля), позволяет существенно увеличить степень конверсии угля и выход жидких продуктов в процессе гидрогенизации.

Преимуществом предлагаемого способа получения жидких продуктов из угля является высокий выход углеводородных продуктов выкипающих до 200 °С, исключение из технологической схемы процесса стадии выделения и гидрооблагораживания пастообразователя, возможность утилизации промышленных и бытовых отходов полимерных материалов, а также повышение эффективности процесса гидрогенизации угля за счет использования пастообразователя с повышенными водородно-донорными свойствами.

### **Литература:**

1. Гусев С. М., Гребенчиков В. П. Современное состояние мировой угольной промышленности // Уголь, 2001. - №12. – С. 64-66.
2. Шарыпов В.И., Береговцова Н.Г., Кузнецов Б.Н. Совершенствование процессов прямой глубокой переработки бурого угля в жидкие продукты. // VIII Всероссийская конференция – Красноярск, 2012.

## ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТОВ ИЗ СЛАНЦА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КЕНДЫРЛЫК»

Казанкапова М.К., Ермағамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Нурғалиев Н. У., Сайранбек А.  
ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, e-mail: coaltech@bk.ru

Образцы активированного сланца были получены карбонизацией (при 700-750°C в среде аргона) и активацией (при 850-900°C водяным паром) сланца месторождения «Кендырлык» (Казахстан). Так же адсорбенты облучали электронным пучком для увеличения эффективности разделения токсичных веществ. Проведены испытания по апробации адсорбентов из сланца для очистки газов  $H_2S$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ .

В настоящее время в ТОО «Институт химии угля и технологии» разработаны и изготовлены установки активации сланцев и углей, отработана методика получения углеродных нанопористых адсорбентов для разделения газов и очистки сточных вод, наработаны экспериментальные образцы. Полученные образцы углеродных адсорбентов прошли лабораторные испытания в очистке газов и сточных вод. В качестве исходного сырья использовали сланцы месторождения «Кендырлык», предварительно измельченный до крупности менее 0,1 мм и имеющий следующие характеристики (мас. %):  $A^d - 78,7$ ;  $W^r - 1,7$ ;  $V^d - 20,5$ .

Для получения пористо углеродных материалов, сорбенты подвергались процессам термической обработки: карбонизации (для удаления легколетучих компонентов и получения крупнопористой структуры, равномерно распределенной по всему объему) и активации (для получения микропористой структуры). Технические характеристики активированного сланца составляет (мас. %):  $A^d 92,2$ ;  $W^r 0,2$ ;  $V^d 6,7$ . Впервые нами получены нанопленки методом воздействия электронным пучком полученных углеродных сорбентов.

Углеродные адсорбенты, полученные по разработанной методике исследованы с помощью термогравиметрического, рентгенофазового анализа, растровой сканирующей микроскопии, элементного дисперсионного спектрометра, раман спектроскопии и ИК-спектрометра.

Сорбенты были апробированы для очистки газов:  $H_2S$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ . Химический анализ газов до (контроль) и после очистки сорбентами исследован на газовом хроматографе ХРОМОС ГХ-1000. Результаты анализа приведены в таблице 1, в которой приведена степень очистки, соответствующие после очистки сорбентами.

Таблица 1- Степень очистки (%) газов адсорбентами

Наименование сорбентов	Концентрации газовых компонентов, %					
	$H_2S$	$N_2$	$CH_4$	$CO$	$CO_2$	$H_2$
Исходный газ	0,202	49,468	16,492	1,212	7,460	3,812
Активированный сланец месторождения "Кендырлык"	0,002	6,072	0,595	0,604	1,598	1,037
	Степень очистки, %					
	99,01	87,72	96,39	50,16	78,5	72,79
Облученный активированный сланец "Кендырлык"	Концентрации газовых компонентов, %					
	-	1,784	1,885	0,143	1,940	1,625
	Степень очистки, %					
	100	96,40	88,57	88,20	74,00	57,38

**РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПРИСАДОК НА БАЗЕ  
ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НЕФТИ**

**Каирбеков Ж.К., Емельянова В.С., Досумова Б.Т., Байжомартов Б.Б., Шакиев  
Э.М., Елубай М., Кабдрашитова Р.М.**

*Научно-исследовательский институт новых химических технологий и  
материалов, Республика Казахстан, г. Алматы, e-mail: niinhtm@mail.ru*

В работе показано, что использование магнитного поля (МП) позволяет дистанционно регулировать выход и состав продуктов экстракции гуминовых веществ из бурого угля, а также приводит к изменению реологических свойств нефтей при совместном воздействии МП и магнитных депрессорных присадок на основе гуминовых веществ

Использование депрессорных присадок в небольших количествах является выгодным и простым способом борьбы с отложением парафинов в трубопроводе, а также улучшения низкотемпературных свойств и реологических характеристик нефти. В настоящей работе представлены результаты оценки эффективности действия магнитных депрессорных присадок на основе гуминовых кислот (ГК) и содержащих магнитный композит. За методическую основу проведения экспериментальных работ взят метод извлечения свободных ГК из бурых углей месторождения Киякты (Казахстан) согласно ГОСТ 9517-94, при этом температурное экстрагирование, традиционно проводимое на водяной бане в течение 2 ч, заменено на воздействие магнитным полем в течение 30-120 мин. Воздействие магнитным полем на этапе экстрагирования не только приводит к увеличению выхода ГК на 6-10 %, но и позволяет получить более высокомолекулярные гуминовые вещества. Получение нанокompозитов на основе оксидов железа и ГК осуществлялся путем соосаждения хлорида железа (III) и хлорида железа (II), растворенных в воде, с добавлением в раствор ГК согласно приведенной ниже реакции:  $2\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 8\text{NH}_4\text{OH} + \text{ГК} = \text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ГК}\downarrow + 8\text{NH}_4\text{Cl} + 4\text{H}_2\text{O}$ .

Изучение трансмиссионной электронной микроскопии нанокompозита показало, что наблюдается распределение однородных наночастиц в структуре макромолекулярной матрицы. Выявлено, что наночастицы  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  имеют сферическую форму с диаметром частиц 7-10 нм. Макромолекула ГК связывает частицы сразу после зарождения нанокompозита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , предотвращая их дальнейший рост. ИК-спектры нанокompозита имеют интенсивные полосы в области  $1530\text{-}1570\text{ см}^{-1}$  (связь C=O),  $1360\text{-}1370\text{ см}^{-1}$  (C=O),  $400\text{-}600\text{ см}^{-1}$  (Fe–O),  $3400\text{-}3000\text{ см}^{-1}$  (O–H). Доказательством координационных узлов на поверхности сорбентов служат поглощения в области  $600\text{-}800\text{ см}^{-1}$ , которые относятся к валентным колебаниям карбоксилатов в комплексах. Кроме того ослабляется характеристическая полоса колебаний карбонила карбоксильных групп ( $\nu = 1640\text{-}1740\text{ см}^{-1}$ ).

Изменение температуры потери текучести нефти месторождения Кумколь (Казахстан) после совместной обработки магнитным полем в интервале (0,4-0,6 Тл) и ввода магнитной депрессорной присадки в интервале 200-300 ppm приводит к повышению температуры потери текучести от 14 до 18 °С.

## ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ЗОЛЫ КУЗНЕЦКИХ УГЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПЕРЕРАБОТКИ

Кешкина К. А.

*Кузбасский Государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева,  
г. Кемерово e-mail: ksyushakeshkina@mail.ru*

Рассмотрен один из методов переработки золошлаковых отходов Кузнецких углей с целью извлечения редких металлов.

Кузбасс является крупнейшим угольным регионом России, где на сравнительно небольшой территории сконцентрированы мощные залежи с широкой гаммой углей, используемых для прямого сжигания с целью производства тепловой и электрической энергии. Ежегодно в Кемеровской области накапливается огромное количество золошлаковых отходов, в связи с этим, проблема их утилизации стоит особенно остро.

Основными компонентами минеральной части золошлаковых отходов являются оксиды кремния, алюминия и железа. Помимо этого, продукты сжигания углей Кузнецкого угольного бассейна представляют интерес благодаря значительному содержанию редких и редкоземельных металлов [1,2].

Для получения концентратов ценных компонентов может быть использована схема обогащения золошлаковых отходов, включающая измельчение, магнитную сепарацию и ионную флотацию. В качестве органической фазы в процессе флотоэкстракции используется изооктиловый спирт ( $C_8H_{18}O$ ), а наиболее высокоселективным собирателем является додецилсульфат натрия ( $C_{12}H_{25}SO_4Na$ ).

В растворе катионы металлов образуют с додецилсульфатом натрия прочные гидроксокомплексы, которые вследствие гидрофобности алкильных радикалов переходят в органическую фазу [3].

После флотации пенные продукты могут быть собраны, высушены и прокалены для получения концентратов, содержащих оксиды редких, рассеянных и редкоземельных металлов, пригодных для дальнейшей переработки.

В связи с выявлением в регионе промышленно значимых концентраций редких и редкоземельных металлов необходима тщательная экспертиза возможностей их промышленного извлечения и рентабельности производства [4].

### **Литература**

1. Мингалеева Г.Р., Шамсутдинов Э.В., Афанасьева О.В., Федотов А.И., Ермолаев Д.В. *Современные тенденции переработки и использования золошлаковых отходов ТЭС и котельных // Современные проблемы науки и образования: электрон. научн. журн. – 2014. – № 6.*
2. Салихов В.А. *Геолого-экономическая и экономическая (стоимостная) оценка цветных и редких металлов, содержащихся в углях и золо-шлаковых отходах углей / В. А. Салихов // Вестник Томского государственного университета. Экономика – 2014. – № 1 (25). – С. 123–138.*
3. 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.*
4. Хлопицкий А.А. *Перспективы утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций / А.А. Хлопицкий, Н.П. Макаренченко // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – 2013. – № 1(1).*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЗБАССА

Корчуганов А.С.

АО «НЦ ВостНИИ» г. Кемерово, e-mail: a.korchuganov@nc-vostnii.ru

Study of the chemical composition of sewage waters of coal enterprises of Kuzbass

Разработка угольных месторождений неизменно сопровождается образованием сточных вод. Сточные воды, образующиеся при добыче угля, классифицируются как шахтные, карьерные, производственные и поверхностные.

Были исследованы сточные воды трех разрезов и трех шахт на территории Кемеровской области в пятилетней ретроспективе (2012-2016 гг.). Анализ сточных вод осуществлялся аккредитованными лабораториями, в соответствии с их областью аккредитации.

В гидрогеологическом отношении исследуемые предприятия располагаются в Кузнецком адартезианском бассейне третьего порядка, Центральном и Подбасско-Туясском бассейнах. В типовых водопунктах подземные воды характеризуются высоким содержанием сульфатного и хлоридного ионов, с минерализацией в пределах 0,5-1,0 грамм на литр (г/л).

Выявлены характерные загрязняющие вещества, сбрасываемые угледобывающими предприятиями Кузбасса со сточными водами в водные объекты. В таблице 1 представлен компонентный химический состав сточных вод и усредненное содержание в них загрязняющих веществ.

Таблица 1. Компонентный химический состав сточных вод

Вещество	Содержание (%)	Вещество	Содержание (%)
Нитрит-анион	0,06	Хлорид-анион	39,4
Нитрат-анион	15,7	Цинк	0,008
Аммоний-ион	0,39	Медь	0,007
Сульфат-анион	39,4	Никель	0,008
Железо	0,261	Марганец	0,008
Фенолы	0,0008	Хром 6+	0,015
Взвешенные вещества	4,7	Свинец	0,001
Нефтепродукты	0,04	Кадмий	0,001

В ряде случаев в шахтных и карьерных сточных водах отмечено присутствие синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), что обусловлено использованием смачивателей при разработке угольных пластов.

В период весенней и осенней межени наблюдается превышение концентрации загрязняющих веществ в сточных водах над нормативами допустимого воздействия по взвешенным веществам и нефтепродуктам, кратность превышений концентраций варьируется от 5 до 80 %.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Кострыкин А.П., Уварова В.А., Копытин В.А.  
АО «НЦ ВостНИИ» г. Кемерово, e-mail: [vostnii\\_anton@inbox.ru](mailto:vostnii_anton@inbox.ru)

Investigation of the strength properties of polymeric materials for fixing the anchor support in coal mines.

В настоящее время на угольных шахтах Кузбасса широко применяется анкерное крепление горных выработок. Однако в России отсутствуют нормативные документы, регламентирующие требования безопасности к полимерным ампулам для закрепления анкерной крепи. Прочность закрепления сталеполлимерной анкерной крепи в скважине регламентируется только требованием п. 5.1.3.1 ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия» - минимальная несущая способность сталеполлимерной крепи не менее 100 кН.

Для оценки безопасности применения полимерных ампул для закрепления анкерной крепи в АО «НЦ ВостНИИ» разработаны различные методы определения их прочностных свойств. Основным показателем прочности материала полимерных ампул является несущая способность.

Для оценки несущей способности проводятся испытания ампул в разъемных искусственных скважинах различного диаметра. Испытания проводятся в следующей последовательности:

1. В искусственную скважину устанавливают стержень анкерной крепи, закрепленную путем перемешивания и отверждения полимерного состава ампулы.
2. Скважину с установленным в нем анкером фиксируют в испытательной (разрывной) машине.
3. Определяют значения несущей способности конструкции в зависимости от прилагаемой нагрузки. Испытания проводят до потери несущей способности анкера.
4. После проведения испытания производят разборку скважины и проводят анализ и оценку состояния отвержденного состава полимерной ампулы.

Данный метод испытаний позволяет не только определить несущую способность анкерной крепи закрепленной путем отверждения полимерной ампулы, но и определить качество перемешивания состава, увидеть зависимость однородности состава от диаметра скважины.

Фотография скважины в разобранном состоянии приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Искусственная скважина с анкером после испытаний



## ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В НЕОРГАНИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ ЮРСКОГО ВОЗРАСТА (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Лавренко Н.С.

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН ФАНО, Сыктывкар  
e-mail: lavrenko@geo.komisc.ru*

Concentrations of trace elements in low temperature ash of oil shale.

Накопление известково-глинистых осадков с высокими концентрациями органического вещества (ОВ), серы и целого ряда металлов, из которых образовались горючие сланцы верхнеюрского возраста, происходило во впадинах с сероводородным заражением придонных слоев воды и осадков эпиконтинентального мелководного палеоморя в обстановках высокой биопродуктивности известкового фитопланктона. ОВ горючих сланцев (ГС) представлено в основном бесструктурным коллоальгинитом. Второстепенным компонентом ОВ является красновато-коричневый псевдовитринит. Оба компонента образуют линзовидно-лентовидные микротекстуры, параллельные напластованию. Известково-глинистые породы, вмещающие слои и пласты ГС, а также слои ГС с аналогичным известково-глинистым составом матрицы, содержат незначительную примесь мелкого углефицированного детрита и аутигенных минералов (пирита, марказита, частично глауконита). В сланценосном разрезе среди керогенсодержащих пород по теплоте сгорания ( $Q_s^d$ ) выделены керогенсодержащие глины (КСГ), глинистые горючие сланцы (ГГС) и горючие сланцы (ГС). По результатам термического анализа установлено, что разложение керогена ГС происходит в температурной области от 200 до 550°C. Озоление растертых проб было проведено в муфельной печи при температуре 550°C с доступом воздуха. Озоленные пробы проанализированы на такие ЭП, как медь Cu, хром Cr, никель Ni, молибден Mo, ванадий V, цинк Zn и кобальт Co. Количественные содержания ЭП определяли способом «просыпки-вдувания» с помощью автомата УСА-5 и регистрацией спектров на спектрографе СТЭ-1. В керогенсодержащих литотипах пород установлена (по 250 анализам) прямая зависимость концентрации Ni, V, Mo, Zn, Co от количества ОВ в породе. К примеру, среднее содержание Mo в КСГ (с  $Q_s^d < 5,04$  Мдж/кг) составляет 17,9 г/т (по 123 пробам). В ГГС (с  $Q_s^d 5,04-6,3$  Мдж/кг) среднее содержание Mo равно 54 г/т без включения в расчет одной ураганной пробы. Наиболее обогащен элементами-примесями литотип ГС (с  $Q_s^d > 6,3$  Мдж/кг). Средние концентрации ЭП в неорганическом веществе ГС составляют (в г/т): Ni 280, V 370, Zn 250, Co 10, Cr 110, Cu 100, Mo 160. Для керогенсодержащих литотипов с относительно более низкой зольностью (< 60%) характерны более высокие содержания Mo (до 340 г/т и выше) по сравнению с высокозольными керогенсодержащими литотипами. В образце ГС с  $Q_s^d > 9,2$  Мдж/кг содержание ЭП составляет: Mo 250 г/т, Si 280 г/т, Cr 130, Ni 530, Co > 500 г/т, V 200 г/т, Zn 500 г/т. Неорганическое вещество данной пробы представлено лишь глинистыми минералами. Мергелистые глины характеризуются самыми низкими содержаниями Mo от 0 до 8 г/т, кроме того в них не обнаружен цинк.

Работа выполнена по программе фундаментальных исследований УрО РАН №15-18-5-21 по теме «Закономерности размещения и условия формирования скоплений УВ в осадочных толщах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции».

## ДЕЗАКТИВАЦИЯ УГЛЯ КАК ПРОЦЕСС СТРУКТУРНОЙ РЕЛАКСАЦИИ Лебедев К.С.

АО «НЦ ВостНИИ» г. Кемерово, e-mail pepper9999@yandex.ru

Deactivation of coal as a process of structural relaxation.

При рассмотрении процесса дезактивации угля, необходимого для построения значительного количества известных математических моделей самонагревания угля, в основном используется подход, предложенный В.С. Веселовским. В данном случае взаимодействие системы уголь – кислород описывается через оценку активности угля по вполне измеримой характеристике  $\bar{U}$  – среднему значению константы скорости сорбции кислорода углем, за период от 50 до 250 часов. Вместе с тем, данный подход имеет ряд противоречий, который решается путем введения специальных эмпирических функций, что не дает полного представления о данном процессе.

Поэтому для решения данной задачи процесс дезактивации угля можно рассмотреть с точки зрения химической кинетики, где данная реакция является частным случаем прямой параллельной реакции, когда вещество А неустойчиво, и, реагируя с другими веществами (веществом), одновременно расходуется само по себе. Реакция может быть представлена в следующем виде:

1.  $A \rightarrow B_1 (k_1)$ ,
2.  $A + A_1 \rightarrow B_2 (k_2)$ ;

где А – уголь, А<sub>1</sub> – кислород, В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> – продукты, при этом каждая из этих реакций будет иметь свою скорость.

Для подтверждения данного предположения была проведена серия экспериментов по дезактивации угля в бескислородной среде. Пробы после нахождения в инертной среде 120, 300, и 400 часов соответственно, помещенные в кислородную среду, имеют более высокую химическую активность, чем исходная проба, дезактивирующаяся в кислородной среде. Известно, что внутренние напряжения делятся на остаточные и переменные, исчезающие после удаления их причины. Под остаточными напряжениями, которые сохраняются во времени, обычно понимают упругие деформации и соответствующие им напряжения. Таким образом, можно утверждать, что причиной снижения химической активности после нахождения в инертной среде в значительной степени является рекомбинация различного рода активных центров в результате релаксации остаточных напряжений на различных структурных уровнях.

Реакция 1 будет характеризоваться реакцией рекомбинации многочисленных активных центров с различной природой происхождения в результате релаксации остаточных напряжений на различных структурных уровнях.

Реакция 2 характеризуется сгоранием активных центров при реакции с кислородом, что ведет к быстрому уменьшению суммарной скорости реакции окисления, а также их рекомбинация, исчезновение свободных радикалов, ослабленных связей, образованных как в результате механического воздействия, так и внутренних напряжений. Полученные результаты возможно представить в виде математической модели, использование которой позволит количественно оценить объем активных центров, рассчитать «эффективную» константу скорости сорбции кислорода углем, и тем самым дополнить уже существующие положения о процессе дезактивации угля.

## РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЫ ИЗ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ КАА-ХЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Монгуш Г.Р., к.т.н. Котельников В.И., Баринов А.В.

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,  
г. Кызыл, e-mail: Mongush983@mail.ru

В работе представлена технология получения микропористой углеродной матрицы из каменных углей Каа-Хемского месторождения. Матрица может быть использована для экранирования ионизирующих излучений.

Краткий обзор исследований радиационно-защитных, радиационно-стойких экранов представлен в [1].

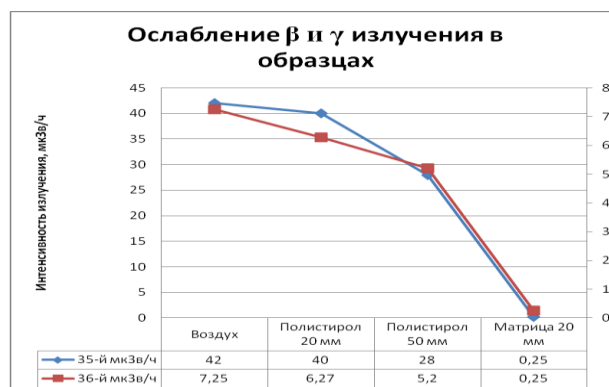
На пилотной установке пиролиза каменных углей непрерывного действия при температуре 800°C и удельном давлении продавливания угля в реактор до 3 МПа получен углеродный материал (матрица) из углей Каа-Хемского месторождения. Пористость углеродной матрицы проанализирована на электронном микроскопе Hitachi TM-1000, установлен средный размер микропор – 25-35 мкм.

Проведен сравнительный анализ поглощения ионизирующих излучений нейтронных потоков углеродной матрицы (толщина 20 мм) с двумя образцами вспененного полистирола (толщина 20 мм, размером пор 0,3-0,5 мм; толщина 50 мм, размер пор 0,1-0,2 мм) и атмосферного воздуха. Выявлено, что поток быстрых нейтронов задерживается полностью (см.рис.1) углеродной матрицей. Это позволяет сделать вывод о том, что макроструктурированная углеродная матрица каахемских каменных углей обладает эффективными свойствами ослабления ионизирующих излучений.

### Заключение

В ходе изучения радиационно-защитных свойств полученной углеродной матрицы, рекомендуются использовать его в качестве матриц для защиты реакторов атомной энергетики, а также при захоронении радиоактивных отходов (РАО).

Рис.1 Ослабление излучений в образцах



### Литература

1. Ястребинский Р.Н., Павленко В.И., Демченко О.В. Использование нанотрубчатых структур для синтеза радиационно-защитных экранов. // Успехи современного естествознания. 2015. № 10. С. 52-55.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ В ПРОЦЕССЕ СЖИГАНИЯ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЯ**

Осокина А.А.<sup>1</sup>, Н. В. Журавлева<sup>1</sup>, Р. Р. Потокина<sup>1</sup>, Хабибулина Е.Р.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> АО «Западно-Сибирский испытательный центр»,  
г. Новокузнецк  
E-mail: main@zsic.ru

<sup>2</sup> Институт углекимиии и химического материаловедения СО РАН,  
г. Кемерово  
E-mail: iccms@iccms.sbras.ru

Проведены исследования качественного и количественного состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в процессе сжигания летучих продуктов пиролитического разложения угля.

Процесс пиролитического разложения каменного угля основан на нагревании углей до определенной температуры без доступа кислорода с целью его термической деструкции. Термическая переработка каменного угля широко применяется для получения различных углеродистых твердых материалов, в частности кокса, который широко используется в металлургической промышленности. Однако, в процессе пиролиза угля в атмосферу выбрасываются следующие загрязняющие вещества: пыль, окислы азота, диоксид серы, нафталин, ароматические углеводороды (бензол, фенол, нафталин), бенз(а)пирен, сероводород, оксид углерода, пиридин, аммиак и др.

Целью данной работы является изучение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в процессе сжигания летучих продуктов пиролитического разложения угля.

Для изучения влияния на окружающую среду процесса пиролитического разложения (рабочий режим  $T=800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) исследуемых образцов была смоделирована и изготовлена установка для сжигания летучих компонентов разложения угля (каменноугольная смола, газ). В результате исследования обнаруженные концентрации вредных веществ в газовой смеси по определяемым показателям (бензол, толуол, хлорбензол, о-ксилол) не превышают максимально разовые предельно допустимые концентрации (ПДК<sub>м.р.</sub>) вредных веществ в атмосферном воздухе. Обнаруженные концентрации нижеперечисленных вредных веществ превышают максимально разовые предельно допустимые концентрации. Кратность превышения ПДК м.р. соответственно составляет: для сажи – 40; для диоксида серы – 44; для фенола – 30; для оксида углерода – 112; для стирола – 2,75; для этилбензола – 5,5.

Отдельно был проведен эксперимент по изучению содержания бенз(а)пирена в отходящем коксовом газе при температурах 200-900 °С. Были получены следующие концентрации бенз(а)пирена: 200 °С – 0,0423 мг/м<sup>3</sup>, 300 °С – 0,0111 мг/м<sup>3</sup>, 400 °С – 0,0009 мг/м<sup>3</sup>, 500 °С – 0,0034 мг/м<sup>3</sup>, 600 °С – 0,5949 мг/м<sup>3</sup>, 700 °С – 0,4061 мг/м<sup>3</sup>, 800 °С – 1,6330 мг/м<sup>3</sup>, 900 °С – 4,5760 мг/м<sup>3</sup>. При сжигании косового газа бенз(а)пирен обнаружен не был.

По результатам исследования можно делать вывод о том, что с увеличением температуры процесса возрастает и выброс вредных веществ в атмосферу, таких как: диоксид серы, оксид углерода, сажа, сероводород и бенз(а)пирен. Напротив, концентрация таких компонентов как, оксидов азота и ароматических углеводородов (бензол, хлорбензол, этилбензол, толуол, стирол, о-ксилол, фенол), с повышением температуры снижается.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

## УДАЛЕНИЕ СЕРА- И АЗОТСОДЕРЖАЩИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОЦЕССЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОЙ ФРАКЦИИ

Сальников А.В.<sup>1</sup>, Яшник С.А.<sup>1</sup>, Керженцев М.А.<sup>1</sup>, Исмагилов З.Р.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск

<sup>2</sup> Институт углекимиия и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово

E-mail: [salnikov@catalysis.ru](mailto:salnikov@catalysis.ru)

В работе рассматривается влияние азотсодержащих углеводородных соединений (индол и карбазол) на окислительную каталитическую очистку модельной дизельной фракции от дибензотиофена на  $\text{VO}_2\text{-MoO}_4^{2-}/45\text{CuZnAlO}$  катализаторе.

Основным промышленным способом очистки дизельных фракций (ДФ) от сернистых соединений является процесс гидрообессеривания (ГО). Получение низкосернистого топлива (менее 50 ppm) данным методом для большинства действующих нефтеперерабатывающих заводов введет к изменению основных параметров процесса, таких как: увеличение парциального давления водорода, повышение рабочих температур и т.д. В последнее время внимание исследователей направлено на разработку методов доочистки моторных топлив после первичного процесса ГО. Перспективным методом доочистки может являться процесс окислительной каталитической очистки дизельных фракций от сернистых соединений кислородом атмосферного воздуха (ОДС). Поскольку данный процесс мало изучен в литературе, а патентные данные представлены единичными работами необходимо решение некоторых задач [1].

Ранее в работе [2] было показано, что  $\text{VO}_2\text{-MoO}_4^{2-}/45\text{CuZnAlO}$  катализатор перспективен для процесса ОДС. Однако, присутствие азотсодержащих углеводородных соединений может ингибировать ГО, в то время как литературные данные для ОДС практически отсутствуют. Поэтому, целью данной работы стало изучение влияния азотсодержащих углеводородных соединений, таких как индол и карбазол, на процесс ОДС от дибензотиофена (ДБТ) растворенного в толуоле (модельная смесь).

Конверсия азотсодержащих углеводородных соединений наблюдалась уже при температуре около 250°C, а их полное удаление из модельной смеси достигалось при температурах выше 330°C. Однако, введение индола и карбазола приводило к снижению активности в окислении ДБТ в топливе при температурах выше 375°C на 20 и 10% соответственно. ДТА-ТГ-МС анализ не показал накопление соединений азота на поверхности катализатора, CHNS-анализ регистрировал содержание азота и серы. ГХ-МС анализ топлива после ОДС не выявил образование оксидов азота и серы, однако в процессе реакции наблюдается образование бензола и его алкил- и арилзамещенных производных связанное с конденсацией углеводородов модельной смеси.

Сделан вывод, что удаление ДБТ снижается в присутствии азотсодержащих углеводородных соединений в процессе ОДС. Больше влияние оказывает индол при температурах выше 375°C. Ингибирующий эффект связан с сорбцией азотсодержащих соединений на тех же активных центрах  $\text{VO}_2\text{-MoO}_4^{2-}/45\text{CuZnAlO}$  катализатора.

Исследования проведены на оборудовании КеМЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.



## ОТРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ И ГУМАТОВ ИЗ ОТХОДОВ БУРЫХ УГЛЕЙ

Портнова А.В., Фарберова Е.А., Копп Д.Д., Семкова А.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования "Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет", г. Пермь, e-mail: annysky2002@mail.ru*

В работе проведены исследования физико-химических свойств образца бурого угля Канско-Ачинского бассейна. Показана возможность получения гуминовых кислот из бурого угля методом щелочной экстракции. В качестве экстрагента использовали 6%-ный раствор гидроксида натрия. Исследовано влияние на выход гуминовых кислот соотношения угля и экстрагента и размера частиц бурого угля.

Гуминовые вещества – органические соединения сложной физико-химической структуры, широко распространенные в природе. Гуминовые соединения в окружающей среде выполняют функции сорбентов, естественных детоксикантов, стимуляторов роста растений и экологически безопасны.

В настоящее время актуальной является задача интенсификации существующих способов переработки бурых углей с целью получения гуминовых веществ. Важная характеристика бурых углей – наличие в их составе гуминовых веществ, в основном гумусовых кислот, содержание которых колеблется от 5 до 80 % в зависимости от условий залегания бурых углей.

Известны способы получения гуминовых веществ из бурого угля с помощью щелочной и аммиачной экстракции [1], а также с применением метода направленного окисления с использованием окислителей разных классов с последующей экстракцией [2].

В настоящей работе для исследований использовали образец бурого угля Канско-Ачинского бассейна с характеристиками, приведенными в таблице.

Элементный состав, масс. %		Общее содержание золы, масс. %	Содержание основных элементов в золе, масс. %					Выход летучих веществ, масс. %	Степень аром-ти
Углерод	Кислород		Al	Ca	Fe	Mg	Si		
84,69	3,28	3,78	3,73	23,57	19,68	14,10	14,31	38,90	0,71

Перед экстракцией образец бурого угля фракционировали по размерам частиц в диапазонах (мм): 0 – 0,25; 0,25 – 0,5; 0,5 – 1,0. Экстракцию проводили при температуре 60 °С 6%-ным раствором NaOH при различных соотношениях угля к экстрагенту 1:10, 1:50 и 1:100. В качестве осадителя гуминовых кислот изучали возможность применения серной и соляной кислот разных концентраций. На основании результатов проведенных исследований показана возможность получения гуминовых кислот с выходом до 22,7 % при использовании бурого угля с размером частиц 0,5 – 1,0 мм при соотношении компонентов 1:50 и использовании в качестве осадителя раствора серной кислоты.



## ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ГИДРОГЕНИЗАЦИЕЙ СМОЛ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПИРОЛИЗА КАУ

Рохина Е.Ф., Шевченко Г.Г., Рохин А.В.

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

e-mail: carbon@chem.isu.ru

Приведены результаты деструктивного каталитического гидрирования тяжелой смолы скоростного пиролиза КАУ на катализаторах нефтепереработки. Показано, что обесфеноленный гидрогенизат I ступени может быть использован как углеводородное сырье для промышленности органического синтеза.

Угольные смолы имеют сложный поликомпонентный состав легко изменяющийся при воздействии реагентов и повышенных температур. С увеличением молекулярной массы фракций смол возрастает число изомеров, что делает практически невозможным полное определение индивидуальных компонентов. В то же время знание фрагментного состава позволяет предлагать наиболее эффективные методы переработки, а также делать заключения о вкладе отдельных реакций при гидрогенизации угольных смол. В настоящей работе приводятся результаты, полученные при гидрогенизации смолы скоростного пиролиза КАУ на катализаторах НВС и НВСА при 350 °С. Проведена серия опытов, изучено влияние ряда параметров: состава катализаторов, температуры реакционной смеси и её состава, давления водорода и др. В табл.1 приведены некоторые характеристики гидрогенизатов по данным ЯМР (варьировали состав реакционной смеси и катализатор).

Таблица 1

Фрагментный состав гидрогенизатов 1-й ступени смолы КАУ

Гидрогенизаты 1-й ступени исходных смол	Катализатор	Структурные фрагменты по данным ЯМР, % масс.						
		Нар	Нон	f <sub>a</sub>	СН	СН <sub>2</sub>	СН <sub>3</sub>	Сал
КАУ:ОЛС (2:1)	НВСА	23,0	4,0	57,3	7,0	15,2	14,3	41,8
КАУ:ОЛС (1:1)	НВСА	20,2	3,3	53,6	8,2	21,9	15,1	45,3
КАУ:ОЛС (2:1)	НВС	20,0	4,2	56,3	8,2	21,1	15,0	42,4
КАУ:ОЛС (1:1)	НВС	21,2	4,3	58,2	8,3	19,5	15,0	40,7

Температура 350 °С; КАУ – тяжелая смола смола скоростного пиролиза канско-ачинского угля; ОЛС – обесфеноленное легкое масло смолы скоростного пиролиза КАУ

Данные спектроскопии ЯМР <sup>1</sup>Н и <sup>13</sup>С [1] согласуются с результатами химических и хроматографических методов и показывают, что состав гидрогенизатов смол пиролиза КАУ достаточно сильно различается в зависимости от параметров процесса и состава исходного сырья. Однако, несмотря на более нестабильный состав (по сравнению со смолами коксования и полукоксования) и варьируя условия гидрогенизации можно изменять не только количественный, но и качественный состав фенольных компонентов за счет превращений асфальтенов при оптимальных условиях процесса [2], а следовательно увеличения возможности вовлечения в переработку угольных смол различного происхождения с целью получения углеводородного сырья.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Стеглянников Д.И.

АО «НЦ ВостНИИ» г. Кемерово, e-mail: d.steklyannikov@nc-vostnii.ru

Assessment of the impact of coal enterprises on the quality of ambient air

Предприятия по добыче угля представляют собой источники воздействия на среду обитания и здоровье человека, а так же качество атмосферного воздуха. Регулятором качества атмосферного воздуха являются гигиенические нормативы - предельно допустимые концентрации (ПДК) атмосферных загрязнений химических и биологических веществ, соблюдение которых обеспечивает отсутствие влияния на здоровье населения проживающего в непосредственной близости с источником загрязнения атмосферного воздуха.

Источниками воздействия на качество атмосферного воздуха являются объекты, создающие уровни загрязнения за границей промышленной площадки более 0,1 ПДК.

Для обеспечения безопасности населения для объектов являющихся источниками воздействия устанавливается санитарно-защитная зона (далее СЗЗ), размер которой обеспечивает уменьшение воздействия предприятий на атмосферный воздух до значений соответствующих гигиеническим нормативам. Для определения достаточности размера СЗЗ предприятия проводят ряд замеров концентраций химических веществ на границе СЗЗ привлекая аккредитованные лаборатории. Замеры проводятся в двух точках «фоновая» и «подфакельная» с учетом направления ветра на протяжении года.

Для оценки влияния угольных предприятий на качество атмосферного воздуха были взяты два угольных разреза на территории Кемеровской области. Для каждого из предприятий были проведены серии лабораторных исследований на границах СЗЗ на протяжении года в «фоновой» и «подфакельной» точках. Замеры в контрольных точках были проведены аккредитованными лабораториями.

В таблице 1 представлены данные по фоновому загрязнению атмосферного воздуха и вкладу предприятий в его загрязнение.

Таблица 1.

Вещества	Концентрация в фоновой точке		Концентрация в подфакельной точке		Вклад предприятия в загрязнение	
	мг/м <sup>3</sup>	ПДК	мг/м <sup>3</sup>	ПДК	мг/м <sup>3</sup>	ПДК
Азота диоксид	0,08	0,38	0,10	0,49	0,02	0,11
Взвешенные вещества	0,30	0,60	0,35	0,70	0,05	0,10
Углерод (Сажа)	0,09	0,17	0,11	0,21	0,02	0,04
Серы диоксид	0,13	0,26	0,20	0,40	0,07	0,14
Углерода оксид	2,6	0,52	3,33	0,67	0,72	0,14

Данные показывают, что размеры санитарно-защитных зон для угольных предприятий в данном случае являются достаточными, гигиенические нормативы ПДК на границах СЗЗ не превышаются.

## ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Уварова В.А., Гришин М.В., Гришин П.М.

АО «НЦ ВостНИИ» г. Кемерово, e-mail: uvarova.v.a@mail.ru

Electrostatic safety of polymeric materials used in coal mines.

При эксплуатации оборудования в угольных шахтах, в условиях повышенной температуры, запыленности и влажности шахтной атмосферы, агрессивном воздействии шахтных вод применение полимерных материалов в изделиях и технологиях дает значительные преимущества перед традиционными материалами: деревом, металлом, железобетоном.

В то же время эти материалы, обладая высокими электроизоляционными свойствами, создают разряды статического электричества на их поверхности. Это может провоцировать воспламенение взрывоопасной метано-воздушной среды, а также создавать опасность для человека и приводить к недостоверным показаниям датчиков электронных приборов, имеющих под землей.

В общем виде параметры, влияющие на электростатическую безопасность полимерных и композиционных материалов в угольных шахтах, представлены на рисунке 1:



Рисунок 1 – Электростатические свойства полимеров

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНВЕЙЕРОВ ШАХТНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ В ВЫРАБОТКАХ С УГЛАМИ НАКЛОНА БОЛЕЕ $\pm 10^{\circ}$**

**Ушаков Е.Н.**

*АО «НЦ ВостНИИ» г. Кемерово, e-mail: [vostnii\\_ushakov@inbox.ru](mailto:vostnii_ushakov@inbox.ru)*

Increase the safe operation of mine belt conveyors in workings with angles of inclination more  $\pm 10^{\circ}$ .

Ленточные конвейеры как вид непрерывного транспорта давно себя зарекомендовали в горной промышленности и рассматривать их преимущества и недостатки уже нет смысла, то есть каждый вид транспорта должен применяться в зависимости от конкретных производственных условий.

Те транспортные средства, которые применяются на сегодняшний день уже давно известны, отработаны и требуют доводки до современных требований с точки зрения качества, надежности, экологии и требований безопасности. В связи с чем сотрудниками АО «НЦ ВостНИИ» разработаны универсальные улавливающие устройства оборвавшихся конвейерных лент, которые закрывают вопрос об оборудовании ленточных конвейеров ловителями ленты согласно требованиям Федеральных норм и правил «Правила безопасности в угольных шахтах».

В настоящее время имеются и другие типы ловителей, которые имеют серьезные недостатки, снижающие их эффективность и, как следствие, невозможность их применения.

Сотрудниками АО «НЦ ВостНИИ» разработана новая конструкция ловителя конвейерной ленты ленточных конвейеров. Ловитель является универсальным, то есть может работать как на уклонных, так и на бремсберговых конвейерах неограниченной длины.

Эта многофункциональность обеспечивается конструктивной независимостью привода тормозных элементов в рабочем положении от направления движения конвейерной ленты.

Конструкция предложенных ловителей ленты проста в изготовлении, не требует больших трудозатрат при монтажных, демонтажных работах и при обслуживании.

Ловитель не мешает движению груза и пассажиров по верхней ветви конвейерной ленты. Обеспечивает надежное улавливание верхней ветви ленты в случае ее обрыва. Не оставляет значительных повреждений на ленте. Все эти качества отличают предложенную конструкцию от ранее известных и повышают уровень безопасной эксплуатации уклонных и бремсберговых ленточных конвейеров.

## ВЫДЕЛЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ ПОЖАРНЫХ ГАЗОВ ПРИ ОКИСЛЕНИИ УГЛЯ НА СТАДИЯХ САМОНАГРЕВАНИЯ И БЕСПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ

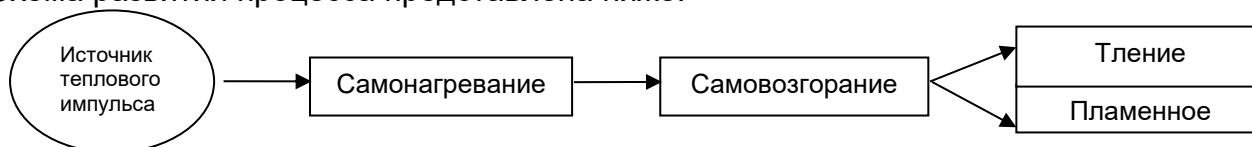
Хаймин С. А., Игишев В. Г., Кольхалов В. В.  
АО «НЦ ВостНИИ» г. Кемерово, e-mail: hsa007@mail.ru

Fire indicator gases liberation at coal oxidation at the stage of self-heating and flameless combustion

Особую значимость в комплексе профилактических мер, используемых в Кузбассе в последние годы, приобрело обнаружение признаков эндогенного пожара на ранней стадии его развития. Реализация этой меры позволяет локализовать и ликвидировать очаги с минимальными затратами сил и средств.

Самонагревание угля – процесс повышения температуры очага в результате его окисления кислородом воздуха.

Самовозгорание угля – возгорание угля в результате его самонагревания. Схема развития процесса представлена ниже.



Одним из типов горения угля является тление – беспламенное горение с выделением дыма, света и тепла.

Тление угля возможно при недостатке кислорода в зоне горения и при недостатке выделяющегося при тлении тепла. В первом случае в газовой фазе в зоне высоких температур не происходит образования горючей смеси из продуктов разложения и кислорода воздуха. Во втором случае температура горючей газовой смеси из продуктов термического разложения тлеющего угля и кислорода воздуха не достигает температуры самовоспламенения, и смесь рассеивается без горения.

Современная практика раннего - по времени и температуре - обнаружения эндогенных пожаров базируется на газовом и температурном контроле атмосферы в зонах потенциальных формирований скоплений угля и угольной пыли. В качестве наиболее информативных индикаторных газов при этом используются оксид углерода и водород. Повышение надёжности контроля по этим газам обусловлено инертностью при низких температурах, характерных для стадий самонагревания и возгорания угля, их низкой сорбцией разрыхлённым углем и породами в выработанном пространстве и слабой растворимостью в воде. В связи с этим предварительные лабораторные исследования состава индикаторных газов, выделяющихся при нагревании угля, могут быть использованы для объективной классификации эндогенного пожара на ранней стадии с оценкой их температурных интервалов.

Существующий газоаналитический метод не позволяет однозначно классифицировать эндогенный пожар на стадии и определить температуру очага. При возникновении пожара в отработанной части пласта и невозможности контроля утечек воздуха, превышение фонового содержания оксида углерода водорода может фиксироваться уже на стадии тления со стабилизацией их процентного содержания на низком уровне. Необходимы дополнительные исследования по поиску показателей, позволяющих обнаруживать очаги с температурой не выше критической температуры самонагревания угля.

## ПОЖАРООПАСНОСТЬ ЦЕЛИКОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТОВ УГЛЯ СКЛОННОГО К САМОВОЗГОРАНИЮ

Шлапаков П.А., Черданцев С.В., Ерастов А.Ю.

АО «НЦ ВостНИИ» г. Кемерово, e-mail: p.shlapakov@nc-vostnii.ru

Fire hazard of the pillars during the development of coal strata prone to spontaneous combustion

Межлавные (ленточные) угольные целики имеют высокий уровень эндогенной пожароопасности при их высокой природной трещиноватости или образовании зон с нарушенной сплошностью в бортах целиков под воздействием опорного горного давления. Наличие зон с аномально повышенной воздухопроницаемостью при определенных вентиляционных параметрах выемочных участков приводит к образованию фильтрационных потоков воздуха через целики. Это явление является вредным для жизни и здоровья людей по двум факторам: выделение ядовитых и опасных по взрывчатости газов из выработанного пространства в действующие горные выработки; возникновение очагов самовозгорания угля в нарушенных зонах целиков при достижении скоростей фильтрации воздуха в них до пожароопасных (0,002 м/с и более).

В настоящее время разработан способ оценки эндогенной пожароопасности ленточных целиков угля по величине скорости фильтрации утечек воздуха внутри целиков.

Установлено, что расчетную (прогнозную) скорость фильтрации воздуха можно определять по полуэмпирической зависимости вида

$$V_{\text{прогн}} = k_1 \times \left( \frac{\Delta U}{\Delta U_{\text{фон}}} \right)^{k_2} \times \frac{(P_1^2 - P_2^2)}{L \times P_0 \times \left( \frac{\Delta U}{\Delta U_{\text{фон}}} + k_3 \times \ln \frac{\Delta U}{\Delta U_{\text{фон}}} \right)}, \text{ м/с}$$

где  $k_1$ ,  $k_2$  и  $k_3$  – эмпирические коэффициенты, равные соответственно 0,00078, 2,45 и 0,155;

$\Delta U$  и  $\Delta U_{\text{фон}}$  – текущая и фоновая разности потенциалов на участке ленточного целика, замеряемые аппаратурой типа «СЭР-1»;

$P_0$ ,  $P_1$  и  $P_2$  – атмосферное давление воздуха на земной поверхности и барометрическое давление воздуха с двух сторон ленточного целика, мм рт. ст.;

$L$  – ширина ленточного целика, м.

Классификация по категориям эндогенной пожароопасности угольного целика производится следующим образом:

- при  $V_{\text{прогн}} < 0.001$  м/с – опасность возникновения и развития очагов самонагревания угля в ленточном целике отсутствует («неопасно»);
- при  $0,001 < V_{\text{прогн}} < 0.002$  м/с – имеется опасность возникновения очагов самонагревания угля («опасно»);
- при  $V_{\text{прогн}} > 0,002$  м/с – имеется реальная опасность самовозгорания угля («весьма опасно»).

Таким образом, по воздухопроницаемости ленточного целика можно получить текущую прогнозную оценку уровня эндогенной пожароопасности. Это позволит своевременно разработать оптимальный комплекс мер по предупреждению самовозгорания в ленточном целике.



*Для заметок*

*Для заметок*

Международный Российско-казахстанский  
Симпозиум «Углекимия и экология Кузбасса»

**Сборник тезисов докладов**

*Ответственный редактор член-корр. РАН З.Р. Исмаилов*

***Тезисы докладов участников подвергнуты мягкой  
редакторской правке, ответственность за содержание  
тезисов остается за авторами***

Научное издание

Составитель, компьютерная  
обработка, обложка

Гаврилюк О.М.

Подписано в печать 09.10.2017. Заказ № 61. Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 12.

Тираж 200 экз.

Отпечатано в Издательском отделе Института катализа СО РАН

630090, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 5

<http://catalysis.ru/>