

Х Международный Российско-Казахстанский Симпозиум
«Углекимиия и экология Кузбасса», Кемерово, 12-13 июля 2021 г.

ИНСТИТУТ УГЛЕХИМИИ И ХИМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ФИЦ УУХ СО РАН
Россия, г. Кемерово

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СО РАН
Россия, г. Кемерово

РГП на ПХВ «ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ГОРЕНИЯ»
Казахстан, г. Алматы

**Х МЕЖДУНАРОДНЫЙ
РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКИЙ СИМПОЗИУМ
«УГЛЕХИМИИ И ЭКОЛОГИЯ КУЗБАССА»**

12 - 13 июля 2021, г. Кемерово

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Кемерово 2021

УДК 662.7

ББК Л 52-1

У 43

Углекислотная химия и экология Кузбасса: Х Международный Российско-Казахстанский Симпозиум: сб. тез. докл. 12 - 13 июля 2021 г. Кемерово/ ФИЦ УУХ СО РАН. – Кемерово: ФИЦ УУХ СО РАН, 2021. – 94 стр.
ISBN 978-5-902305-63-7

В сборнике представлены тезисы докладов ученых академических и отраслевых институтов, вузов, лабораторий промышленных предприятий, проводящих научные исследования в области углекислотной химии, экологии и химического материаловедения.

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

Глубокоуважаемые коллеги!

Симпозиум проводится Федеральным исследовательским центром угля и углекимиия СО РАН совместно с Научно-исследовательским институтом проблем горения (Казахстан).

Целью Симпозиума является обмен опытом российских и иностранных ученых, а также координация научно-исследовательских работ по химии и технологии переработки угля, совместного использования угля, биомасс и других видов топлива, обмен научной и технической информацией по фундаментальным и технологическим основам использования и внедрения природоохранных технологий, эффективных систем очистки сточных вод.

В связи со сложившейся эпидемиологической ситуацией, в целях предупреждения распространения COVID-19, проведение Симпозиума проходит в режиме видеоконференцсвязи.

В первый день работы Симпозиума зафиксировано 78 подключений. Участвовали ученые пяти стран: Россия, Китай, Монголия, Казахстан, Киргизия. За время работы симпозиума сделано 50 доклада.

Симпозиум посвящается 300-лeтнему юбилею Кузбасса, внесен в План мероприятий Кузбасса, посвященных празднования 300 – летнего Юбилея.

Международный симпозиум стал традиционным и значимым событием далеко за пределами Кузбасса и Сибирского отделения РАН. Единственный в нашей стране профильный научный форум по направлению «Углекимиия», он объединяет ученых ведущих академических институтов страны, студентов и аспирантов ВУЗов, а также представителей отраслевой науки России и зарубежных стран. Начиная с 2014 года Симпозиум проводится как Российско-Казахстанский, основателями и организаторами которого являются Институт углекимиия и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН и «Институт проблем горения» Республики Казахстан. В разные годы в работе Международного симпозиума принимают участие до 150 исследователей из России, Казахстана, Монголии, Польши, Украины и Эстонии.

Высочайший научный уровень Симпозиума подтверждается участием пяти академиков РАН, двое из которых являются лауреатами международной премии «Глобальная энергия» («энергетическая Нобелевская»):

академик Конторович А.Э. - 2009 г.,

академик Алексеенко С.В. – 2020 г.

Международный уровень Симпозиума подтверждается участием:

академика Будебазарын Авид, главного ученого секретаря Монгольской академии наук г. Улан Батор;

академика МАН ВШ руководителя Института проблем горения, г. Алматы. Мансурова З. А.

Открыл Симпозиум Председатель Сибирского отделения РАН, вице-президент РАН, академик РАН Пармон В. Н.

По итогам будут опубликованы: выпуск журнала «Химия в интересах устойчивого развития» и сборник тезисов докладов участников.

Желаю всем участникам дальнейшей плодотворной и успешной работы!

С уважением,
научный руководитель ФИЦ УУХ СО РАН,
академик РАН



Исмагилов З.Р.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Mansurov Z. A., Sultanov F.R., Bakbolat B., Saduakas M., Baktibayeva D. SYNTHESIS OF REDUCED GRAPHENE OXIDE BASED AERIGELS AND THEIR APPLICATION IN WATER TREATMENT	11
Xing Fan, Fengyun Ma, Xianyong Wei APPLICATION OF HIGH-RESOLUTION MASS SPECTROMETRY IN COAL CHEMISTRY	12
Алексеев Д.И., Смирнов А.Н. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА КОКСА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ CRI И CSR	13
Алексеев С.В. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ И ОТХОДОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ	14
Альтшулер Г.Н., Малышенко Н.В., Лыршиков С.Ю., Ефимова О.С., Альтшулер О.Г. ЯМР-ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИИ H ₂ SO ₄ В УГЛЕ РАННЕЙ СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА	15
Андрейков Е.И., Диковинкина Ю.А., Кабак А.С., Красикова А.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПЕРЕНОСА ВОДОРОДА ОТ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА И НЕФТЯНЫХ ПЕКОВ К МОДЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЯМ	16
Авид Б., Кузнецов П.Н., Фан Ксинг, Исмагилов З.Р. СВОЙСТВА ПЕКОПОДОБНЫХ ПРОДУКТОВ ТЕРМОСОЛЬВОЛИЗНОГО РАСТВОРЕНИЯ СПЕКАЮЩЕГОСЯ УГЛЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СМЕСЯХ	17
Брызгалов Л.П., Исмагилов З.Р. ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕЙ ООО «ШАХТА «ЛИСТВЯЖНАЯ» (АО ХК «СДС- УГОЛЬ») С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ОПЫТНОЙ ПАРТИИ КАРБОНИЗАТА И ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО СВОЙСТВ	18
Бурдельная Н.С., Бушнев Д.А., Кузьмин Д.В., Бурцев И.Н. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ПРОДУКТОВ ТЕРМОЛИЗА ЭКСТРАКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ УГЛЕЙ И ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ	19
Вершинина А.И., Иванова Н.В., Ломакин М.В. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОН ИЗ ОДНОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК	20
Вершинина К.Ю., Дорохов В.В., Романов Д.С. ГОРЕНИЕ КАПЕЛЬ СУСПЕНЗИОННЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ, УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ И ОТРАБОТАННОГО ТУРБИННОГО МАСЛА	21

Воталин К.С., Жеребцов С.И., Шпакодраев К.М., Малышенко Н.В., Исмагилов З.Р. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ФУЛЬВОКИСЛОТ БУРЫХ УГЛЕЙ МЕТОДОМ ИК- И ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ	22
Гайдукова О.С., Стрижак П.А. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ЗАЖИГАНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ	23
Ганиева И.А., Петрик Н.А. КОМПЛЕКСНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА ПОЛНОГО ИННОВАЦИОННОГО ЦИКЛА «ЧИСТЫЙ УГОЛЬ – ЗЕЛЕНый КУЗБАСС» КАК НОВЕЙШАЯ ФОРМА ПОДДЕРЖКИ НАУКОЕМКИХ ПРОЕКТОВ	24
Глушков Д.О., Паушкина К.К. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ	25
Гунич С.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В МНОГОКАМЕРНОМ РЕАКТОРЕ ПОЛУКОКСОВАНИЯ	26
Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенова Ж.М. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ПРОМЫШЛЕННОМ УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ НА ПОРИСТО- УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	27
Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Казанкапова М.К., Саулебекова М.Е, Имбаева Д.С. ПЕРСПЕКТИВА ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИОУДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ КИСЛОТ	28
Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенова Ж.М., Айтмагамбетова А.Ж. СИНТЕЗ ГРАФЕНОСОДЕРЖАЩИХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО РАЗРЯДА	29
Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенова Ж.М., Байлина Г. ПОЛУЧЕНИЯ ФУЛЬВОВОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ОКИСЛЕННОГО УГЛЯ КАЗАХСТАНА	30
Жамболова А.Б., Тилеуберди Е., Мансуров З.А. МОДИФИЦИРОВАНИЕ БИТУМА НАНОУГЛЕРОДОМ	31
Жеребцов С.И., Малышенко Н.В., Воталин К.С., Шпакодраев К.М., Исмагилов З.Р., Соколов Д.А., Андроханов В.А. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ БУРЫХ УГЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ	32

Журавлева Е.В., Михайлова Е.С., Журавлева Н.В., Исмагилов З.Р. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В УГЛЯХ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА	33
Журавлева Н.В., Журавлева Е.В., Созинов С.А., Исмагилов З.Р. ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО И МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА УГОЛЬНЫХ ПОРОШКОВ И ПЫЛИ КАМЕННОГО УГЛЯ	34
Жуйков А.В., Кузнецов П.Н., Матюшенко А.И. ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ СМЕСЕВОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ БУРОГО УГЛЯ	35
Заостровский А.Н., Исмагилов З.Р. ПРИМЕНЕНИЕ РЕФЛЕКТОГРАММНОГО АНАЛИЗА УГЛЕЙ И ШИХТ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ	36
Захаров Н.С., Попова А.Н., Захаров Ю.А. ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗО-ПЛАТИНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА	37
Зыков И.Ю., Дудникова Ю.Н. ИЗМЕНЕНИЕ ТЕКСТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОРБЕНТОВ ПОСЛЕ МОДИФИКАЦИИ ХЛОРИДОМ ЖЕЛЕЗА III	38
Каминский Ю.Д. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО И ИСПЫТАНИЕ БЕЗДЫМНОГО ТОПЛИВА	39
Камоза Е.С., Михайлова Е.С., Исмагилов З.Р., Лыршиков С.Ю., Созинов С.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА РЯДОВЫХ УГЛЕЙ МЕЛКИХ КЛАССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ОБОГАЩЕНИЯ	40
Камунур К., Карагуланова А., Кетегенов Т.А. АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПОЛУЧЕНИЯ БРИКЕТОВ ИЗ НЕКОНДИЦИОННЫХ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ УГЛЯ	41
Касенова Ж.М., Ермағамбет Б.Т., Мартемьянов С.М., Бухаркин А.А. ОПЫТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПО ПОДЗЕМНОМУ НАГРЕВУ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ «БОГАТЫРЬ»	42
Казанкапова М.К., Ермағамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Маслов Н.А. ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТО-УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ЗШО УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БОГАТЫРЬ»	43
Казанкапова М.К., Ермағамбет Б.Т., Касенова Ж.М. ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ АДСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ОКСИДА КРЕМНИЯ	44

Кислов В.М., Зайченко А.Ю., Цветков М.В., Салганский Е.А., Цветкова Ю.Ю., Подлесный Д.Н., Пилипенко Е.Н. ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПИРОЛИЗ СЕРНИСТОГО БУРОГО УГЛЯ ПОДМОСКОВНОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА	45
Кислов В.М., Зайченко А.Ю., Цветков М.В., Салганская М.В., Цветкова Ю.Ю., Пилипенко Е.Н. ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ГАЗИФИЦИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ПОГЛОЩЕНИЕ СЕРЫ ПРИ ФИЛЬТРАЦИОННОМ ГОРЕНИИ СЕРНИСТОГО УГЛЯ С МРАМОРОМ	46
Коркембай Ж., Мансуров З.А., Калыбаев А.А. ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ГОРЕНИЯ УГОЛЬНО-ВОДНОЙ СМЕСИ	47
Коростылева Е.Е., Пономарева А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ УГЛЕЙ И СОРБИРУЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКЕ	48
Коростылева Е.Е., Пономарева А.А., Лесных А.В. ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ КИСЛОРОДА	49
Ковалевский А.В., Зубко К.С., Тарасова И.В., Лучникова Е.М., Филиппова А.В., Воронина Л.А., Гашков С.И., Ефимов Д.А. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФАУНИСТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ	50
Котельников В.И., Рязанова Е.А., Ершова О.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ МЕЗОСТРУКТУРНОЙ УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЫ В ПРОЦЕССАХ ПИРОЛИЗА	51
Крюков В.А., Фридман Ю.А., Речко Г.Н., Логинова Е.Ю., Маркова В.М. УГЛЕХИМИЧЕСКИЙ КЛАСТЕР В КУЗБАССЕ: МЕЖДУ НЕФТЬЮ, ГАЗОМ И БУДУЩИМ?	54
Ларичев Т.А., Захаров Ю.А., Федорова Н.М., Сименюк Г.Ю., Пугачев В.М., Якубик Д.Г., Додонов В.Г. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТНОГО ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА ПОРИСТАЯ УГЛЕРОДНАЯ МАТРИЦА – ОКСИД КОБАЛЬТА (II, III)	56
Малинникова О.Н., Палкин А.Б., Докучаева А.И. ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УГЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ СКЛОННОСТИ К САМОВОЗГОРАНИЮ	57
Малышева В.Ю., Федорова Н.И. КОРРЕЛЯЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ВИТРИНИТОВ С ПАРАМЕТРАМИ ИК – СПЕКТРОСКОПИИ	58

Манжос Е.В., Коржавин А.А., Намятов И.Г., Козлов Я.В. УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗРЫВА ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ	59
Мансуров З.А., Смагулова Г.Т., Кайдар Б.Б. ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ И ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ	60
Монгуш Г.Р., Чульдун К.К., Жуйков А.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТУВИНСКИХ УГЛЕЙ	61
Мухин В.М., Королев Н.В. КАМЕННЫЕ УГЛИ КУЗБАССА - НАДЕЖНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВНЫХ УГЛЕЙ, ВОСТРЕБОВАННЫХ В ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	62
Налетов В. А., Глебов М. Б., Налетов А. Ю. ОПТИМИЗАЦИЯ НАГРУЗОК НА ПАРОГЕНЕРАТОРЫ В ОТДЕЛЕНИИ ГАЗИФИКАЦИИ БУРОГО УГЛЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА	64
Нелюбина Н.В., Крафт Я.В., Лырщиков С.Ю., Исмагилов З.Р. КОРРЕЛЯЦИЯ ПОРОГА ЛАЗЕРНОГО ЗАЖИГАНИЯ УГЛЕЙ СО СТЕПЕНЬЮ АРОМАТИЧНОСТИ В РЯДУ МЕТАМОРФИЗМА	65
Никитин А.П., Исмагилов З.Р. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТНОСТИ УГЛЕРОДНОГО КАРКАСА ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА В ИНЕРТНОЙ СРЕДЕ НИЗКОМЕТАМОРФИЗОВАННЫХ УГЛЕЙ	66
Няшина Г.С., Стрижак П.А., Дорохов В.В. СОСТАВ ГАЗОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ГОРЕНИИ ОРГАНОВОДОУГОЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ	67
Онгарбаев Е.К., Байгулбаева М.М. КАРБОНИЗОВАННЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ШУНГИТОВЫХ ПОРОД ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ	68
Панина Л.В., Ефимова О.С., Лырщиков С.Ю., Исмагилов З.Р. ИЗУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ПЛЕНОК ОКСИДА ГРАФЕНА МЕТОДОМ ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ	69
Пашичев Б.Н., Ульянова Е.В., Ульянов А.Н., Малинникова О.Н. СВЯЗЬ КОЛИЧЕСТВА ПАРАМАГНИТНЫХ ЦЕНТРОВ В УГЛЕ СО СКЛОННОСТЬЮ ПЛАСТОВ К ОПАСНЫМ ЯВЛЕНИЯМ	70
Ганиева И.А., Петрик Н.А. ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЭКОЛОГИЮ РЕГИОНА ЧЕРЕЗ РЕАЛИЗАЦИЮ КНТП «ЧИСТЫЙ УГОЛЬ – ЗЕЛЕНый КУЗБАСС»	71

Петухов В.Н., Свечникова Н.Ю. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕАГЕНТНОГО РЕЖИМА ФЛОТАЦИИ СФЛОКУЛИРОВАННЫХ УГЛЕЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАГЕНТА МОДИФИКАТОРА	72
Полианчик Е.В., Дорофеев С.О., Подлесный Д.Н., Салганский Е.А., Цветков М.В., Салганская М.В., Зайченко А.Ю. ГАЗИФИКАЦИЯ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В РЕАКТОРЕ С ПОДВИЖНЫМ СЛОЕМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ: ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ	73
Резцова М.А., Глушкова Т.В., Никишев П.А., Костюк С.В., Ефимова О.С., Исмаилов З.Р., Матвеева В.Г., Овчаренко Е.А. НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИ(СТИРОЛ-БЛОК-ИЗОБУТИЛЕН- БЛОК-СТИРОЛ)А С УЛУЧШЕННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ	74
Рокосов Ю.В., Горюнова П.В., Рокосова Н.Н., Рокосова В.Ю., Романова Т.А. АЛКИЛЗАМЕЩЕННЫЕ ИНДАНЫ В ТЕРМОГИДРОЛИЗАТЕ КАЙЧАКСКИХ УГЛЕЙ КУЗБАССА	75
Рокосов Ю.В., Горюнова П.В., Рокосова Н.Н., Рокосова В.Ю., Романова Т.А. ХРОМАТОМАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОДУКТАХ ТЕРМОГИДРОЛИЗА КАЙЧАКСКИХ УГЛЕЙ КУЗБАССА	76
Сафин В.А., Кузнецов П.Н., Бурюкин Ф.А., Косицина С.С. ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ ПЕКОВАНИЯ СМЕСИ КАМЕННОГО УГЛЯ, КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ И НЕФТЯНОГО ОСТАТКА	77
Салганский Е.А., Кислов В.М., Цветков М.В., Зайченко А.Ю., Подлесный Д.Н., Салганская М.В., Цветкова Ю.Ю. ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЭНЕРГИИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕМ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ	78
Салаев Э. В., Салтыкова С.Н., Козлов Р.В. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА УГОЛЬНЫЕ БРИКЕТЫ	79
Сарымсаков Ш., Камбарова Г.Б., Байзакова Г.Л., Султаналиев М. АКТИВАЦИЯ УГЛЕЙ РАСТВОРИТЕЛЯМИ	80
Сарымсаков Ш., Камбарова Г.Б., Кенчи кызы Элита, Султаналиев М. ПОЛУЧЕНИЕ КУСКОВОГО ТЕРМОКОКСА ИЗ УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИН-КУШСКОЙ ГРУППЫ	81
Смирнов В.Г., Манаков А.Ю., Исмаилов З.Р. РАЗЛОЖЕНИЕ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В УГЛЕ КАК ИНДИКАТОР СВОЙСТВ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ УГЛЯ	82

Соловьев Т.М., Буренина О.Н. ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНО-УГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ	83
Суймбаева С.М., Каирбеков Ж.К., Желдыбаева И.М. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	84
Тайлаков О.В., Голоскоков С.И., Голоскоков Е.И., Ауцерс А.В. АНАЛИЗ ПЫЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ КУЗБАССА	85
Тайлаков О.В., Колмакова А.А. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КУЗБАССА КАК ИСТОЧНИК ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ	85
Тихонова И.Н., Захаров Н.С., Захаров Ю.А., Корчуганова К.А. ФМР КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА ПРИМЕРЕ НАНОБИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СОРТ	87
Троснянская Т.О., Сименюк Г.Ю., Захаров Ю.А., Ларичев Т.А., Пугачев В.М., Додонов В.Г. НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТЫ AU/ МУНТ И РТМЕ/МУНТ (ME=FE И CO) ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ	88
Цветков В.Э., Иванов Н.Н., Зыков И.Ю. МАГНИТНЫЕ СОРБЕНТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ УГЛЕЙ ПОЗДНЕЙ СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА, АКТИВИРОВАННЫЕ СМЕСЬЮ FeCl ₃ /ZnCl ₂	89
Цуканова А.Н., Фарберова Е.А., Ходяшев Н.Б., Першин Е.А. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ – НОСИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ	90
Шпакодраев К.М., Жеребцов С.И., Малышенко Н.В., Вотолин К.С., Исмагилов З.Р. УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ КАК СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫХОДА БИТУМОИДОВ ПРИ О-АЛКИЛИРОВАНИИ БУРОГО УГЛЯ	91
Для заметок	92

SYNTHESIS OF REDUCED GRAPHENE OXIDE BASED AERIGELS AND THEIR APPLICATION IN WATER TREATMENT

Mansurov Z. A.^{1,2}, Sultanov F.R.^{1,2}, Bakbolat B.^{1,2}, Saduakas M.¹, Baktibayeva D.¹

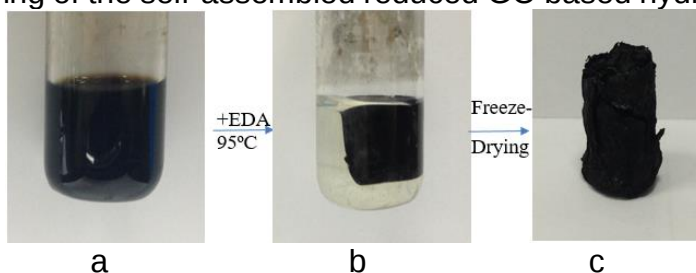
¹*AI – Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan*

²*Institute of Combustion Problems, Republic of Kazakhstan, Almaty,
e-mail: fail_23@bk.ru*

Reduced graphene oxide based aerogels were obtained by chemical reduction of graphene oxide and self-assembly of graphene layers into 3D highly porous structure. Their surface morphology, hydrophobicity and sorption capacities in regard to organic liquids were studied.

With increase of demands of environmental protection it has become necessary to develop the direction of obtaining of new materials - sorbents, which are able to effectively absorb and remove oil spills, as well as organic solvents contamination. Aerogels represent a class of materials in which the liquid phase is completely substituted by a gaseous one. The first carbon based aerogel was obtained in 1989 (Prof. Pekala) by carbonization of resorcinol-formaldehyde (RF) aerogel [1], which is usually treated as a kind of highly porous amorphous graphite foam.

In our research graphene based aerogels were obtained by chemical reduction of an aqueous dispersion of graphene oxide (GO) using ethylenediamine, followed by subsequent freeze-drying of the self-assembled reduced GO based hydrogels (Figure 1).



a - an aqueous dispersion of GO (3 mg/ml; 15 ml); b - hydrogel based on the rGO;
c - a sample of the aerogel based on rGO after freeze-drying

Figure 1 - Illustration of the process of producing aerogels based on rGO [2]

The resulting samples are presented by spongy structure with interconnected pores, the size of which varies in the range of tens to hundreds of micrometers and have strong hydrophobic properties, the angle between the surface of rGO-based aerogel and water drop is more than 120°. The samples actively absorb organic liquids of different densities: 73.2 g of n-hexane, 99.1 g of n-octane, 106.8 g of gasoline, 129.3 g of diesel and 120.3 g of pump oil per in terms of 1 g of sample [2].

References

1. Hanzawa Y., Kaneko K., Pekala R., Dresselhaus M. // *Langmuir*. – 1996. - Vol.12, №26. - P.6167-6169
2. F. R. Sultanov, C. Daulbayev, B. Bakbolat, Z. A. Mansurov, A. A. Urazgaliyeva, Rabi Ebrahim, S. S. Pei, Kun Ping Huang // *Carbon Letters*. –2020. –V. 30. –P. 81-92

APPLICATION OF HIGH-RESOLUTION MASS SPECTROMETRY IN COAL CHEMISTRY

Xing Fan^{1,2}, Fengyun Ma², Xianyong Wei²

¹ *College of Chemical and Biological Engineering, Shandong University of
Science and Technology, Qingdao 266590, Shandong, China*

² *Key Laboratory of Coal Cleaning Conversion and Chemical Engineering
Process, Xinjiang Uyghur Autonomous Region, School of Chemical Engineering
and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, Xinjiang, China*

High-resolution mass spectrometry (HRMS) is an excellent analytical method capable of rapidly providing elemental compositions of tens of thousands of ionized compounds. Although HRMS is usually unable to determine the exact structure of the molecules in coal samples, high-resolution tandem mass spectrometry (MS/MS) reveals important structural information of the compounds that is useful for the later refining of coal samples. In this regard, MS analysis of coal offers in-depth structural information of a large portion of the ionized sample. Overall, HRMS provides a good balance between the details and the speed of the analysis.

HRMS is the key and prerequisite to the relatively new field “petroleomics”, which aims to identify all of the compounds in the fossil fuels including coal and find the correlations between the chemical composition and physio-chemical properties of the fossil fuels. A correctly assigned chemical formula can be used to obtain a double bond equivalence (DBE) value, which represents the degree of unsaturation of a compound. The number of carbon atom, DBE value, and the intensity of the mass spectral peaks can be used to establish a DBE plot.

Organic matter in coal mainly consists of aromatics with heteroatoms incorporated in both aromatic cores and side chains. Alkyl chains are removed from ionized aromatic compounds during a MS/MS process, generating fragment ions containing aromatic cores, and the distribution of heteroatoms within aromatic cores versus on alkyl chains can be revealed. In this talk, details for the application of HRMS in coal chemistry will be provided.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА КОКСА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ CRI И CSR

Алексеев Д.И., Смирнов А.Н.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск,
e-mail: mgtu@mgtu.ru**

The aim of this work is both the mathematical relation and the value variation analysis between *CRI* and *CSR* indexes. For this aim the physical mathematical model is proposed on the basis of the ISO-test. The physical basis of the model is a material balance of a one piece of coke from the ISO sample. Results of calculating by the model are curves of $CSR = f(CRI)$ which reproduces the regressions in analogy with $CSR = a + b * CRI$ for most coke-producing countries. The model showed that a larger part of $CSR = f(CRI)$ curve is linear and that a universal regression in analogy with $CSR = a + b * CRI$ does not exist. As follows from the model, every piece of coke from the ISO sample has its own $CSR = f(CRI)$ curve with a *CRI* and *CSR* point. Between pieces of coke, variations of *CRI* and *CSR* values can be explained by the open pore amount, the coke pores' surface area, the statistical distribution of molecular oriented domains on the basis of L_c and the coke piece mass. In our results, pores with a geometrical orientation from the outside to the center of a coke piece and having a minimum length significantly influence on the coke quality according to *CRI* and *CSR* indexes.

Авторами работы предложена физико-математическая модель, которая позволяет смоделировать зависимость между показателем реакционной способности кокса *CRI* и прочностью кокса после реакции *CSR* (рисунок 1) [1]. Большая часть модели

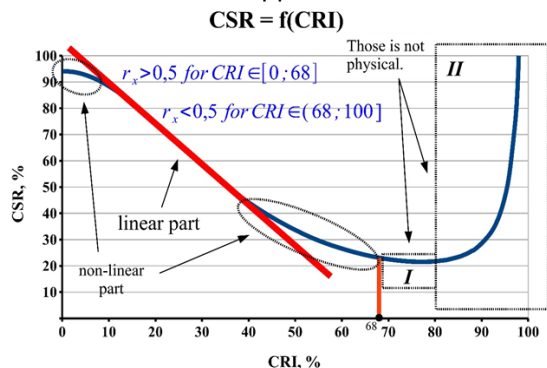


Fig. 1. The main parts of the curve

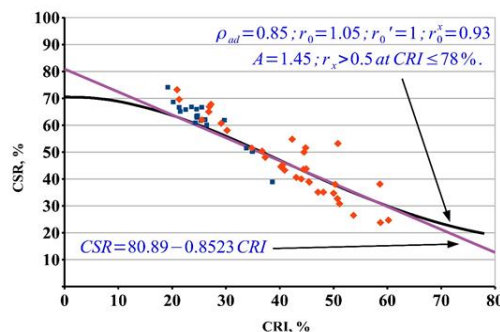


Fig.2. Regression from Japanese research ($CSR = 80.89 - 0.8523 CRI$)

имеет линейный вид, что согласуется с практикой. Модель позволяет воспроизвести существующие линейные регрессии по типу $CSR = a + b * CRI$, полученные на практике в различных странах [2,3]. На рисунке 2 показан результат моделирования и исходная регрессия японских исследователей.

Литература

1. Nyathi M.S., Kruse R., Mastalerz M., Bish D.L. // Fuel. 2016. 176, 11–19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2016.02.050>.
2. North L., Blackmore K., Nesbitt K., Mahoney M.R. // Fuel. 2018. 219, 426–445. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.01.090>.
3. North L., Blackmore K., Nesbitt K., Mahoney M.R. // Fuel. 2018. 219, 446–466. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.01.062>.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ И ОТХОДОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Алексеев С.В.

Институт теплофизики СО РАН, Россия, г. Новосибирск

Энергетика – базис экономики любой страны вне зависимости от технологического уклада. Уголь всегда играл важную, даже доминирующую роль в производстве энергии. Однако, в соответствии с Парижским соглашением по климату, уголь считается в числе самых опасных источников по выбросам углекислого газа, и поэтому его доля в энергетике должна снизиться к нулю уже в ближайшие десятилетия. Тем не менее, существуют и разрабатываются технологии использования угля (а также горючих отходов) в энергетике, которые позволяют существенно уменьшить выбросы CO_2 , вплоть до нулевых значений. Они основаны на повышении эффективности переработки топлива и (или) секвестировании двуокиси углерода. В докладе приводится ряд таких технологий, которые имеют разную степень готовности к коммерческому применению. Среди них: угольные энергоблоки с суперсверхкритическими параметрами пара; методы глубокой переработки угля; микроуголь; водоугольное топливо; цикл Аллама на угле, который заключается в сжигании топлива в кислороде и использовании сверхкритического CO_2 в качестве теплоносителя; технологии переработки горючих отходов с генерацией энергии на базе плазменной газификации и роботизированной сортировки мусора и др.

Описаны оригинальные экспериментальные стенды и методы исследований энергетических процессов, а также возможные подходы к практической реализации предлагаемых технологий.

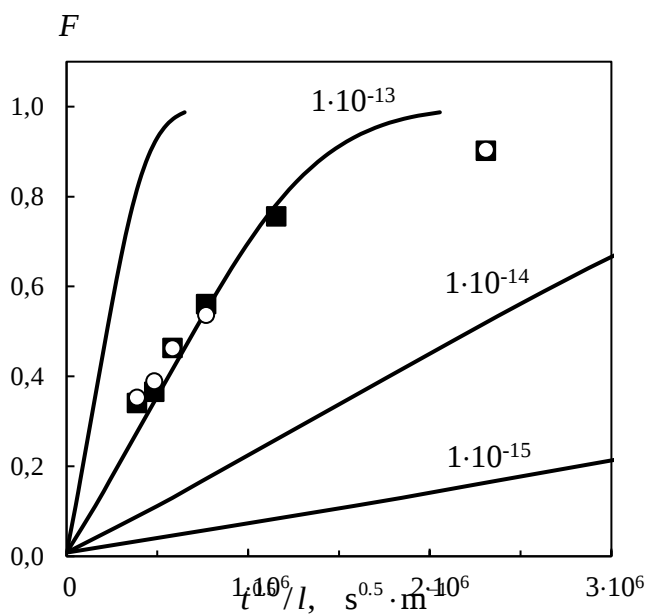
ЯМР-ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИИ H_2SO_4 В УГЛЕ РАННЕЙ СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА

Альтшулер Г.Н., Малышенко Н.В., Лырщиков С.Ю.,
Ефимова О.С., Альтшулер О.Г.

**Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово,
e-mail: altshulerh@gmail.com**

The transfer of H_2SO_4 molecules from an aqueous solution to low rank coal was studied by the method of solid-state NMR spectroscopy. It was shown that the transfer of H_2SO_4 into a coal thin layer is determined by the solid phase diffusion of the electrolyte. When the flow of electrolyte is directed perpendicular to the surface of the layer the diffusion coefficient of sulfuric acid in the coal equals to $1 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$.

На основании рассмотрения угля ранней стадии метаморфизма в качестве естественного полимерного нанореактора представляют интерес диффузионные процессы доставки протонсодержащих катализаторов и реагентов, их сборки в полости нанореактора для оценки вероятности и кинетических характеристик химических превращений органической массы углей при относительно мягких параметрах. В данной работе с применением метода твердотельной ЯМР спектроскопии исследован перенос H_2SO_4 из водного раствора в уголь ранней стадии метаморфизма в рамках математической модели диффузии в слоистых средах, в которых слои расположены перпендикулярно направлению потока диффузии.



На рисунке приведены кинетические зависимости переноса H_2SO_4 из водного раствора в угольную мембрану. Линии – расчет; цифры у линий показывают коэффициент диффузии, m^2/s ; черные квадраты представляют экспериментальные данные, рассчитанные по интенсивности ^1H ЯМР сигнала; белые круги – экспериментальные данные, рассчитанные по интегральной ширине пика ^1H ЯМР сигнала. Рассчитанная из кинетических измерений величина коэффициента диффузии H_2SO_4 в низкосортном угле, равная $1 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$, очень мала. Диффузионный процесс доставки H_2SO_4 может быть лимитирующей стадией,

предшествующей химическим превращениям с участием протона в низкосортном угле.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПЕРЕНОСА ВОДОРОДА ОТ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА И НЕФТЯНЫХ ПЕКОВ К МОДЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЯМ

Андрейков Е.И.^{1,2}, Диковинкина Ю.А.¹, Кабак А.С.^{1,2}, Красикова А.П.^{1,2}

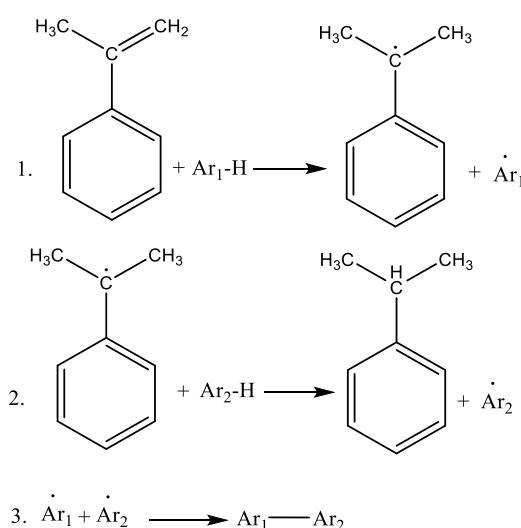
¹*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского
отделения РАН, Россия, г. Екатеринбург, e-mail: cc@ios.uran.ru*

²*АО «ВУХИН», Россия, г. Екатеринбург*

The thermal reactions of the coal tar and petroleum pitches with α -methylstyrene, nitrobenzene, 4-chlorophenol and bisphenol A are investigated.

Изучены химические реакции модельных соединений, α -метилстирола, нитробензола, 4-хлорфенола и бисфенола А, с каменноугольным пеком (КП) и нефтяными пеками (НП), в интервале температур 250-400°C. Наряду с основными продуктами реакции, кумолом из α -метилстирола, анилином из нитробензола, фенолом из 4-хлорфенола и смесью фенола и *p*-изопропилфенола из бисфенола А, образующимися в результате переноса водорода от КП и НП к модельным соединениям, также образуются продукты конденсации с соединениями пека с повышенной молекулярной массой.

Предполагаемая схема реакции переноса водорода от пеков к α -метилстиролу с образованием кумола и продуктов дегидрогенизационной поликонденсации соединений пеков представлена на рисунке.



Ar₁-H и Ar₂-H – полиароматические соединения пеков

Продукты конденсации с участием модельного соединения образуются по конкурирующей реакции присоединения кумильного радикала (реакция 1) к реакционноспособным соединениям пеков.

Обнаружены и обсуждены отличия в реакционной способности КП и НП, полученных из тяжелой смолы пиролиза этиленовых производств и тяжелого газойля каталитического крекинга, в изученных реакциях. Реакции с модельными соединениями являются активным инструментом исследования поведения пеков различного происхождения в термических реакциях.

СВОЙСТВА ПЕКОПОДОБНЫХ ПРОДУКТОВ ТЕРАСОЛЬВОЛИЗНОГО РАСТВОРЕНИЯ СПЕКАЮЩЕГОСЯ УГЛЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СМЕСЯХ

Авид Б.¹, Кузнецов П.Н.², Фан Ксинг³, Исмагилов З.Р.⁴,

**¹Институт химии и химической технологии, Монголия,
г. Улан-Баатар, e-mail: avidmas@gmail.com**

**²Институт химии и химической технологии СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН,
Россия, г. Красноярск, e-mail: kpn@icct.ru**

**³Шаньдунский университет науки и технологии, Кунтай,
Циндао, e-mail: fanxing@sdust.edu.cn**

**⁴ Федеральний исследовательский центр угля и углекислоты СО РАН,
Россия, г. Кемерово, e-mail: zinfer1@mail.ru**

The results of the studies of the composition and properties of pitch-like products obtained on bituminous coal solvolysis in a set of technical hydrocarbon mixtures of coal and petroleum origins as solvents using the methods of chemical and group analyses, TG-DTG, IRFT and ¹H NMR, GC-MS and liquid chromatography are presented in the paper.

В работе представлены результаты изучения состава и свойств пекоподобных продуктов, полученных путем термическосолюлизного превращения спекающегося угля в среде углеводородных технических смесей угольного и нефтяного происхождения при температуре 350-380 °С. Химический, молекулярный состав и технические характеристики исходных веществ и продуктов охарактеризован методами химического, группового, технического и термического ТГ/ДТГ анализа, IRFT, ¹H ЯМР, хромато-масс-спектрометрии, газовой и жидкостной хроматографии. Установлено, что в среде низколетучих растворителей, таких как каменноугольная смола коксования (СТ), тяжелый нефтяной газойль (НГО) и бинарные смеси, степень превращения угля в хиолин-растворимые вещества составляла от 78 до 82%. В бинарных смесях получены более высокие выходы экстрактов. Основной продукт представлял твердое при комнатной температуре пекоподобное вещество с температурой размягчения от 72 °С до 127 °С (в зависимости от растворителя).

Экстракты, полученные в СТ и смесях содержали 34-50% гексан-нерастворимых веществ, 28-36% толуол-нерастворимых и 8-10% хиолин-нерастворимых. По данным IRFT, ¹H NMR и GC-MS, молекулярный состав представлен преимущественно поликонденсированными ароматическими углеводородами. Молекулы толуол-растворимых веществ содержали в среднем 4-5 конденсированных ароматических кольца с низкой степенью замещения короткими алкильными группами. Экстракты, полученные с НГО, содержали в основном углеводороды алифатического ряда, ароматические вещества отличались более низкой степенью конденсированности и высокой степенью замещенности ароматических колец сравнительно длинными алифатическими группами. Продукты, полученные в бинарных смесях, имели средние показатели молекулярного состава. Полученные пекоподобные экстракты содержали значительно меньше бензо(а)пирена, чем используемые растворители.

This work was funded by RFBR and MCESSM (research project No. 19-53-44001) and by the Fund for Science and Technology of Mongolia (Project No SHUGH/OHU-2019/13) using the equipment of Krasnoyarsk Regional Research Equipment Centre of SB RAS.

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕЙ ООО «ШАХТА «ЛИСТВЯЖНАЯ» (АО ХК «СДС-УГОЛЬ») С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ОПЫТНОЙ ПАРТИИ КАРБОНИЗАТА И ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО СВОЙСТВ

Брызгалов Л.П.¹, Исмагилов З.Р.²

**¹Акционерное Общество Холдинговая компания «СДС-Уголь»,
Россия, г. Кемерово, e-mail: office@sds-ugol.ru**

**²Федеральный исследовательский центр угля и углекимиии
Сибирского отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово,
e-mail: centr@coal.sbras.ru**

The aim of the work is to assess the possibility of obtaining from the provided types of coal from LLC Mine Listvyazhnaya (Russian Federation) high-margin products produced on a pyrolysis mine electric furnace, carbon-containing materials, for commercial use, namely, for use in metallurgy (ferroalloy, foundry, carbide, phosphorus production, ore agglomeration), as well as combustible gases (a by-product) and the generation of thermal and electrical energy.

The results of the work are:

- samples of the accumulated product;
- the results of the study of samples of the developed product.

В основе технологии электропечи шахтной пиролизной заложены конструкция, принципы и методы, разработанные ООО «ЭПОС-Инжиниринг» (г. Новосибирск).

Принцип переработки заключается в том, что в печи осуществляется среднетемпературный частичный пиролиз исходного угля за счёт частичного слоевого регулируемого окисления продуктов пиролиза и прямого воздействия на материал электромагнитного поля и электротока, с последующим «сухим тушением» полученного карбонизата [1].

Проведены исследования полученных восстановителей и проведен сравнительный анализ с исходным сырьем и металлургическим коксом.

Заключение:

1. На основе углей марки ДОМ шахты «Листвяжная», после процесса карбонизации возможно получать: карбонизаты для выплавки сложных кремнистых ферросплавов, ферросилиция высоких марок, карбонизаты обладают повышенным УЭС, что обеспечит более низкую посадку электродов, снижение газовой составляющей при работе ферросплавной печи, увеличение производительности печи.

2. Полученный карбонизат можно разделить на две группы: кусковой и пылевидный. Пылевидный карбонизат является идеальным топливом для вдувания в пылегазовые горелки.

3. В процессе карбонизации, помимо твердого остатка (карбонизата), образуются газообразные продукты (печной синтез-газ), который может быть применен как самостоятельный продукт для выработки электрической и тепловой энергии.

Литература

1. Патент РФ № 2020106569, 11.02.2020. Способ и устройство для получения продуктов пиролиза угля// Патент России № 2745271. 2021. Бюл. № 9. / Безруков И.А., Малышев С.Н.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ПРОДУКТОВ ТЕРМОЛИЗА ЭКСТРАКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ УГЛЕЙ И ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

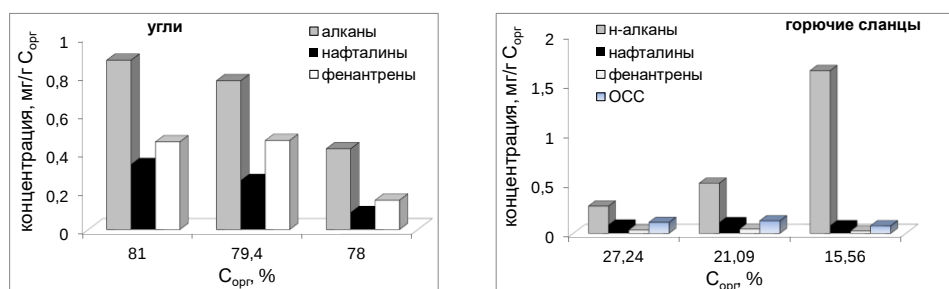
Бурдельная Н.С., Бушнев Д.А., Кузьмин Д.В., Бурцев И.Н.

ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Россия, г. Сыктывкар

Развитие технологий получения обеззоленного топлива из углей и горючих сланцев – нетрадиционного источника топливно-энергетического сырья арктической зоны Европейского северо-востока России, имеет важное практическое значение в топливной и энергетической промышленности. Известны способы получения экстрактов из углей и горючих сланцев, основанные на растворении органической массы твердого горючего ископаемого в органическом растворителе, в качестве которого чаще всего используется полярных растворитель – N-метилпирролидон, и механического отделения минеральной части. Полученные экстракты обладают более высокой теплотворной способностью и широким интервалом термопластичности, низким содержанием золы, неорганической серы, щелочных и тяжёлых металлов и т.д.

Изучение структуры полученных экстрактов, как правило, проводится неинвазивными (^{13}C ЯМР в твёрдом теле) и деструктивными (термолиз с хроматографическим или хромато-масс-спектральным анализом продуктов) методами.

Нами были получены экстракты из верхнепермских углей Воркутского района Печорского угольного бассейна (гиперугли) и верхнеюрских горючих сланцев Айювинского сланцевого месторождения (гиперсланцы). Содержание органического углерода в исследованных углях варьирует 74 – 81 %, в горючих сланцах – 15 – 28 %. Зольность полученных экстрактов составила менее 1 %, при этом выходы экстрактов составили до 30 % для углей и до 38 % для горючих сланцев. Пиролиз экстрактов осуществлялся при температуре 420 °C в режиме *off-line*. В качестве основных компонентов пиролизата явились n-алканы и ароматические углеводороды ряда бензола, нафталина и фенантрена. В составе продуктов пиролиза экстрактов горючих сланцев, отличающихся высокой сернистостью органического вещества, также были идентифицированы n-алкилтиофены, 2-метил-5-n-алкилтиофены, метилбензо- и дибензотиофены.



Основное отличие, наблюдаемое в составе продуктов термолиза экстрактов угля и горючих сланцев, состоит в извлечении преимущественно ароматических структур для угля и длинноцепочечных n-алкильных структур (n-алканов) для горючих сланцев, что связано с особенностями строения исходного органического вещества твердых горючих ископаемых.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОН ИЗ ОДНОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Вершинина А.И., Иванова Н.В., Ломакин М.В.

**ФГБОУ ВО "Кемеровский государственный университет", Россия,
г. Кемерово, e-mail: annaver89@mail.ru**

In this work we investigate electrochemical properties of single-walled carbon nanotube fibers obtained by wet pulling technique.

Волокна из одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) рассматриваются как перспективный электродный материал, обладающий высокой электропроводностью, развитой поверхностью, устойчивостью в широком диапазоне рН. Углеродные нанотрубки синтезировали аэрозольным CVD-методом [1,2]. Образцы представляют собой сетки из хаотично ориентированных ОУНТ, с длиной пучков 20-40 мкм, диаметром нанотрубок ~ 2 нм. Из сеток формировали углеродные волокна (УВ) методом «мокрого вытягивания» [3]. Для проведения исследования методом циклической вольтамперометрии волокно подключали в качестве индикаторного электрода, обеспечивая контакт в условиях полного либо частичного доступа электролита к его поверхности. Оборудование: потенциостат VersaSTAT 3 в ячейке с хлоридсеребряным электродом сравнения (0,1 М KCl) и стеклогуглеродным вспомогательным электродом, в электролите 0,1 М KCl + HCl, рН = 1,65 [4].

В варианте полного доступа УВ средней длины 2,3 см, показали сочетание двойнослойного и фарадеевского поведения, величины емкости составили: 280 μF ($v=20$ мВ/с, $\Delta E=0,6$ В и $\Delta E=1,2$ В), 340 μF ($v=20$ мВ/с, $\Delta E=0,8$ В), 250 μF ($v=70$ мВ/с, $\Delta E=1,2$ В). Зарегистрированы пики при $E_{\text{ан}} = 300$ мВ и в области $E_{\text{кат}}$ от 350 до 130 мВ, принадлежащие процессам, протекающим с участием окисленных форм железа. В анодной области от 600 до 800 мВ наблюдается возрастание тока, вследствие окисления функциональных групп на поверхности УВ. В случае частичного доступа электролита отмечено схожее электрохимическое поведение. Измеренные значения емкости волокон (1 см) составили: 0,54 μF ($v=20$ мВ/с, $\Delta E=0,6$ В); 1,2 μF ($\Delta E=0,9$ В и 1,1 В). Установлено, что циклирование потенциала приводит к выравниванию параметров анодных/катодных пиков и первичному увеличению емкости вследствие снижения гидрофобности волокна. Далее, при многократном повторении циклов параметры ВА-кривых не изменяются. Проведено электролитическое модифицирование УВ золотом, показано, что полученные электроды обладают стабильными электрохимическими характеристиками, следовательно, электродный материал из УВ данного типа можно использовать при создании сенсоров и устройств накопления заряда.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 18-29-19169) и Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZSR-2020-0007 в рамках государственного задания № 075-03-2020-097/1).

Литература

1. Moisala A., Nasibulin A.G., Brown D.P., et al. // Chem. Eng. Sci. 2006. 61. P. 4393–4402.
2. Moisala A., Nasibulin A.G., Shandakov S.D., et. al. // Carbon. 2005. 43. P. 2066–2074.
3. Zhilyaeva M.A., Shulga E.V., Shandakov S.D. et al.// Carbon. 2019. 150. P. 69–75.
4. Simenyuk G.Y., Zakharov Y.A., Puzynin A.V., et al. // Mater. and Man. Proc. 2016. 31. P. 739-744.

ГОРЕНИЕ КАПЕЛЬ СУСПЕНЗИОННЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ, УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ И ОТРАБОТАННОГО ТУРБИННОГО МАСЛА

Вершинина К.Ю., Дорохов В.В., Романов Д.С.

***Томский политехнический университет, Россия, г. Томск,
e-mail: vershininaks@tpu.ru***

The study is aimed at establishing the main ignition and combustion characteristics of high-moisture fuel slurries prepared from coal sludge, coal dust, and liquid petroleum product. The experiments were carried out with single drops and particles in a muffle furnace at a temperature of 700–900 °C. It was found that the burning rate of the droplets depended substantially nonlinearly on the heating temperature and the concentrations of the fuel components. At temperatures below 800 °C, the effects of inhibition of ignition and burnout of both slurry droplets and solid fuel particles were observed. The addition of waste turbine oil to the coal sludge-water mixtures improved the dynamics of ignition and burnout of droplets of such fuels. At the same time, for a noticeable improvement in the process, it is sufficient to use no more than 5% oil. The burnout rate of drops of coal-water fuels and waste-derived slurries is 2–3 times higher than that of particles of coal sludge and coal of the same size.

Водоугольные суспензии имеют невыраженные перспективы для применения на тепловых станциях вследствие неразвитых технологий и экономической неэффективности. Несмотря на это, положительной тенденцией может стать использование не традиционного (на основе каменноугольной пыли) водоугольного топлива, а суспензий на основе отходов (шламов, биомассы, отработанных масел, осадка сточных вод и др.). Перспективы применения высоковолажных суспензий определяются доступностью и низкой стоимостью компонентов, возможностью выровнять теплоту сгорания под необходимый диапазон за счет варьирования состава смеси.

Целью работы является изучение динамики зажигания и выгорания капель топливных суспензий, приготовленных на основе воды, угольного шлама, угольной пыли и отработанного турбинного масла. Концентрация масла изменялась от 0% до 15%. Концентрация твердого компонента варьировалась в диапазоне 40–60%. Одиночные капли с начальным размером 1–5 мм сжигались в лабораторной печи при температурах 700–900 °C. Установлено, что при температуре в печи менее 800 °C динамика зажигания и выгорания капель водосодержащих топливных смесей и твердых частиц существенно ухудшалась. Добавка отработанного турбинного масла в смеси «угольный шлам–вода» интенсифицировало зажигание и горение капель таких топлив. При этом для заметного улучшения процесса достаточно использовать не более 5% масла. Более высокие концентрации масел или других подобных компонентов (например, нефтешламов) могут быть неблагоприятны для транспортировки и распыления суспензии вследствие роста вязкости смеси. Для улучшения зажигания и горения рекомендуется использовать не более 50% твердого компонента в смеси.

Полученные в настоящей работе результаты могут быть полезны при проектировании и модернизации установок для сжигания топливных суспензий, приготовленных из отходов или низкосортных компонентов (в частности, при выборе котлов, распылительных устройств, температурного режима, для прогнозирования недожога и расхода топлива).

Исследование поддержано грантом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение №075-15-2020-806 (договор №13.1902.21.0014).

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ФУЛЬВОКИСЛОТ БУРЫХ УГЛЕЙ МЕТОДОМ ИК- И ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ

**Вотолин К.С., Жеребцов С.И., Шпакодраев К.М., Малышенко Н.В.,
Исмагилов З.Р.**

***Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово, e-mail:
votolin_ks@mail.ru***

The work is devoted to the study of the composition of fulvic acids from brown coals using Infrared and NMR spectroscopy. The method of extraction of fulvic acids from brown coals is described. It was found that the molecular composition of fulvic and humic acids have significant differences.

Бурые угли являются перспективным сырьем для получения востребованных продуктов в виде индивидуальных веществ или узких фракций. Примером таких продуктов служат гуминовые вещества (ГВ) – сложная смесь природных высокомолекулярных органических соединений, которые нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Особенно ценным свойством ГВ является биологическая активность по отношению к растениям [1-3]. Наиболее представительная фракция ГВ, растворимая в щелочах и нерастворимая в кислотах (при $\text{pH} < 2$) – гуминовые кислоты (ГК), достаточно изучена. При этом фракция ГВ, растворимая и в щелочах, и в слабых кислотах – фульвокислоты (ФК), изучена недостаточно и зачастую идет в отход вместе с водным раствором-фильтратом, оставшимся после осаждения и отделения ГК. Изучение состава и свойств ФК позволит определить промышленную востребованность и актуальность разработки крупнотоннажных и эффективных технологий их извлечения. Разделение ГВ на более узкие фракции с последующим их применением в промышленности с учетом индивидуального состава и свойств повысит эффективность использования органической массы бурого угля.

В докладе приведены результаты обзора научно-технической литературы по тематике изучения состава и свойств ФК. Предложена методика выделения ФК бурых углей из водного раствора-фильтрата, оставшегося после осаждения и отделения фракции ГК. Представлены результаты изучения состава ФК ряда бурых углей при помощи ИК-Фурье и ЯМР- спектроскопии. Проведено сравнение состава фракций ГК и ФК. Установлено, что молекулярный состав гуминовых и фульвокислот бурых углей имеет значимые отличия. Из этого следует, что свойства данных фракций ГВ индивидуальны и их необходимо учитывать при практическом применении.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания ИУХМ ФИЦ
УУХ СО РАН (проект 121031500124-2).*

Литература

1. Zharebtsov S.I., Votolin K.S., Malysenko N.V., Smotrina O.V., Ismagilov Z.R., Dugarjav J. // Solid Fuel Chemistry. 2019. T. 53. № 5. С. 253-261.
2. Zharebtsov S.I., Malysenko N.V., Votolin K.S., Androkhonov V.A., Sokolov D.A., Dugarjav J., Ismagilov Z.R. // Chemistry for Sustainable Development. 2019. T. 27. № 2. С. 138-146.
3. Zharebtsov S.I., Malysenko N.V., Votolin K.S., Shpakodraev K.M., Ismagilov Z.R. // Solid Fuel Chemistry. 2020. T. 54. № 4. С. 191-195.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ЗАЖИГАНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ

Гайдукова О.С., Стрижак П.А.

*Томский политехнический университет, Россия, г. Томск,
e-mail: osy1@tpu.ru*

Today gas hydrates are considered one of the most promising energy sources. Gas hydrate practically does not form residues after combustion and produces significantly less pollution than traditional fuels, which allows using it as an environmentally friendly fuel. The application of the developed model allowed determining the dependences of the key characteristic of the studied process, the ignition delay time, on the heating temperature in a range, significantly exceeding those permissible in the known experiments and corresponding to promising fuel technologies.

Исследование процессов зажигания и горения газовых гидратов представляет значительный интерес для удовлетворения потребностей в доступной чистой энергии [1]. Изучение механизма и характеристик процесса горения гидрата метана необходимо для обеспечения высокой эффективности при сжигании [2]. Газовый гидрат практически не образует остатков после сгорания и производит значительно меньше загрязнений, чем традиционные виды топлива, что позволяет использовать его в качестве экологически чистого топлива. Процесс зажигания и сгорания газовых гидратов отличается от традиционных твердых и жидких топлив тем, что сжигание гидрата метана представляет многокомпонентный процесс гетерогенного горения. Целью настоящей работы являлось экспериментальное и теоретическое исследование закономерностей процесса зажигания газового гидрата при доминировании кондуктивного теплового потока на поверхность образца топлива.

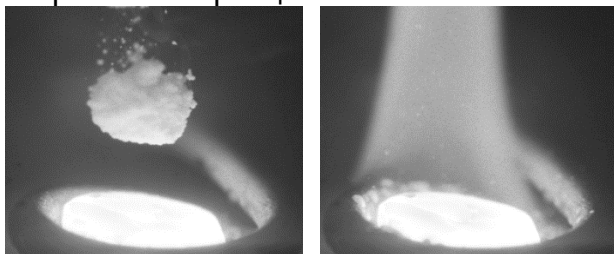


Рис. 1. Видеокадры процесса зажигания газового гидрата при кондуктивном нагреве.

Момент начала горения, а также продолжительность горения были определены по визуализации процесса горения с применением высокоскоростной видеокамеры. На основании результатов экспериментальных исследований разработана физическая и математическая модель инициирования горения (т.е. первой

стадии этого процесса – зажигания) газового гидрата при кондуктивном нагреве. Применение разработанной модели позволило установить зависимости ключевой характеристики исследованного процесса – времени задержки зажигания от температуры нагрева в диапазоне, существенно превышающем допустимые в экспериментах и соответствующие перспективным топливным технологиям.

Исследование поддержано грантом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2020-806 (договор № 13.1902.21.0014).

Литература

1. Chen B., Yang M., Sun H., Wang P., Wang D. // *Fuel*. 2019. Vol. 235. P. 63-71.
2. Bar-Kohany T., Sirignano W.A. // *Combustion and Flame*. 2016. Vol. 163. P. 284-300.

КОМПЛЕКСНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА ПОЛНОГО ИННОВАЦИОННОГО ЦИКЛА «ЧИСТЫЙ УГОЛЬ – ЗЕЛЕНый КУЗБАСС» КАК НОВЕЙШАЯ ФОРМА ПОДДЕРЖКИ НАУКОЕМКИХ ПРОЕКТОВ

Ганиева И.А.¹, Петрик Н.А.²

**¹Министерство науки и высшего образования Кузбасса, Россия,
г. Кемерово, e-mail: notes@notes42.ru**

**²АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс», Россия,
г. Кемерово, e-mail: notes@notes42.ru**

The given Integrated Programme is the programme of a complete innovation cycle formed on the basis of the priority scientific and technological areas highlighted in the R&D Strategy. For the successful implementation of the Programme, it is necessary to identify the needs of large enterprises of the operating sector of the economy in high-tech production processes and to coordinate the potential of implementation with scientific organizations.

Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла (краткое обозначение – КНТП) - представляет собой совокупность скоординированных по задачам, срокам и ресурсам мероприятий, включающих в себя научные исследования и этапы инновационного цикла до создания технологий, продукции и оказания услуг.

Правила разработки, утверждения, реализации, корректировки и завершения КНТП представлены в Постановлении Правительства Российской Федерации от 19 февраля 2019 г. №162. Правила предоставления грантов на реализацию КНТП утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 г. №1439. Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла «Чистый уголь – зеленый Кузбасс» – первая КНТП в России, разработка которой поручена правительством Российской Федерации. КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» в настоящее время преодолела основные итерационные шаги алгоритма инициирования, разработки и утверждения. И в настоящее время под руководством Минэнерго России, проходит процесс утверждения проекта распоряжения Правительства РФ. КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» сформирована из 23 проектов.

При реализации КНТП формируется механизм взаимодействия ведущих ученых, имеющих значимый задел в научных и научно-технических разработках по проблематике КНТП, представителей действующего сектора экономики, заинтересованных в использовании научных, научно-технических результатов комплексной программы и участвующих в выполнении и реализации их мероприятий с целью производства продукции и оказания услуг, представителей регионального управления и государственных корпорации.

Согласно программе КНТП первые три года реализации исполнители в рамках КПНИ проводят фундаментальные исследования и формирует научные аспекты технологий. Далее планируется внедрение технических решений с привлечением внебюджетных инвестиций на предприятиях заказчиков программы. Заключительным этапом реализации каждого проекта является ввод в эксплуатацию разработанных технических решений.

Результаты комплексной программы позволят достичь высокого уровня импортозамещения продуктов и технологий в горнодобывающей отрасли и соответствующего повышения экономической независимости Российской Федерации в энергетической отрасли, в перерабатывающей промышленности, имеющих большое значение для национальной безопасности Российской Федерации.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Глушков Д.О., Паушкина К.К.

**Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, Россия, г. Томск, e-mail: dmitriyog@tpu.ru**

This work is devoted to the analysis of the prospects of a practical implementation of one of the directions for solving the actual worldwide problem of the typical municipal solid waste (MSW) utilization with energy generation by burning them as a part of the composite fuels, the main components of which are wastes of coal enrichment and oil refining. The main anthropogenic emissions in gaseous combustion products have been analyzed. Based on the experimental research findings, we have elaborated the main elements of the strategy of combined industrial and municipal waste recovery by burning it as part of composite fuels, as illustrated by three neighboring industrialized regions of the RF with different levels of social development and industrial structures. This strategy suggests switching three typical coal-fired TPPs (one in each of the regions) to composite liquid fuel.

Исследование [1–4] посвящено комплексному решению группы актуальных проблем, заключающихся в необходимости утилизации больших объемов накопленных и ежегодно производимых горючих промышленных и коммунальных отходов, представляющих экологическую опасность для окружающей среды; расширению топливной базы и вовлечении новых энергоресурсов в топливно-энергетический комплекс для удовлетворения ежегодно возрастающих потребностей в энергогенерации; снижении негативного влияния тепловых электрических станций на окружающую среду, в первую очередь за счет снижения антропогенных выбросов в атмосферу с дымовыми газами. Разработаны основные положения стратегии совместной утилизации промышленных и коммунальных отходов путем сжигания в составе композиционных жидких топлив при переводе типичных угольных ТЭС на новое топливо.

Научное обоснование основных положений стратегии (результаты экспериментальных исследований процессов горения большой группы составов композиционных топлив; анализ газообразных продуктов горения; разработанные математические модели горения одиночных капель в условиях лучистого и конвективного нагрева; анализ статистических данных об отходах и потребностях в энергоресурсах; разработанный метод комплексной оценки эффективности топливных составов) позволило сформулировать важные для практики выводы. Реализация предложенной стратегии, с одной стороны, способствует уменьшению потребления высококачественного угольного топлива для производства тепла и электричества, с другой стороны, снижению негативного воздействия на окружающую среду складываемых на открытых полигонах отходов.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 18-43-700001 p_a.

Литература

1. Glushkov D.O., Feoktistov D.V., Kuznetsov G.V., Batishcheva K.A., Kudelova T., Paushkina K.K. // *Fuel*. 2020. V. 265. Article number. 116915.
2. Glushkov, D.O., Kuznetsov, G.V., Paushkina, K.K. // *Energies*. 2020. V. 13. № 1. Article number. 259.
3. Glushkov, D.O., Paushkina, K.K., Shabardin, D.P. // *Chemosphere*. 2020. V. 240. Article number. 124892.
4. Glushkov, D.O., Paushkina, K.K., Shabardin, D.P., Strizhak, P.A., Gutareva, N.Y. // *Journal of Environmental Management*. 2019. V. 231. P. 896-904.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В МНОГОКАМЕРНОМ РЕАКТОРЕ ПОЛУКОКСОВАНИЯ

Гунич С.В.

**Общество с ограниченной ответственностью «Технопарк», Россия,
г. Тамбов, e-mail: technoplusproject@yandex.ru**

This article presents the result of research of the thermal destruction process of municipal solid waste combustible components in a special multi-chamber continuous reactor. The optimal technological parameters of thermal destruction process have been determined experimentally.

Одним из эффективных способов повышения степени переработки твердых бытовых отходов (ТБО) на городских полигонах является технология термического обезвреживания на основе процессов термической деструкции органических веществ в бескислородной среде с получением горючего синтез-газа, жидких углеводородных смол и угольного остатка [3]. Высокая степень переработки отходов при этом обуславливается тем, что ТБО на 70 – 80% состоят из горючих и биоразлагаемых компонентов [4].

Процесс термической деструкции ТБО может быть осуществлен в модульном многокамерном реакторе полукоксования углеводородсодержащих веществ при температуре 750-800 °С в инертной бескислородной среде [1]. Многокамерный реактор полукоксования непрерывного действия состоит из вертикальной реакционной камеры прямоугольного сечения оптимальной ширины не более 400 мм, в которой осуществляется термообработка загружаемого сырья, и вертикальных обогревательных простенков, герметично отделенных от окружающей среды современным огнеупорным формованным материалом на металлокаркасе. Создаваемая конструкция модульного многокамерного реактора обеспечивает оптимальные энергозатраты на термообработку сырья (отходов) до оптимальной температуры 750 - 800°С, при которой выделяется максимум летучих жидких и газообразных продуктов реакции и образуется однородный калорийный угольный остаток, а также достигаются равномерность обогрева по высоте реакционной камеры, экологическая безопасность для окружающей среды и возможность масштабирования конструкции посредством объединения реакторов в едином крупнотоннажном технологическом комплексе переработки ТБО. Модульный принцип, положенный в основу конструкции реактора и всей производственной линии в целом, позволяет объединять отдельные модули в единый непрерывный технологический комплекс для переработки мусора производительностью 100 000, 200 000, 300 000, 500 000 тонн ТБО в год и более, что актуально для нужд крупных российских городов и агломераций [2].

Переработке по предлагаемому способу подлежат смешанные фракции ТБО после механизированного отбора фракций вторичного сырья на мусоросортировочных комплексах. По результатам исследований физико-механических свойств отходов определено, что оптимальной крупностью частиц для термической деструкции ТБО в многокамерном реакторе непрерывного действия является фракция 0 – 10 мм.

Работа выполнена в рамках НИОКР по теме «Разработка технологических и технических решений многокамерного реактора термоллиза для опытной установки по переработке твердых коммунальных отходов» в 2017-2020 г., исполнитель АО «ВУХИН» (г. Екатеринбург), за счет внебюджетных средств.

Литература

1. Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. Анализ современных методов переработки твердых бытовых отходов // Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). с. 38-42.
2. Зайченко В.М. Энергетическая утилизация отходов – приоритетное направление создания энергоэффективной экономики // Энергия: экономика, техника, экология. 2018. № 5. С. 2-6
3. Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Технологии пиролиза органических материалов. - Тверь: ТГТУ, 2010. – 124 с.
4. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Шехирев Д.Е. Технологии отходов. – М.: ГОУВПО «МГУС», 2006. – 412 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ПРОМЫШЛЕННОМ УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ НА ПОРИСТО-УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

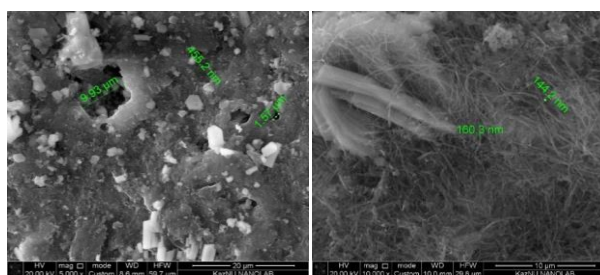
Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенова Ж.М.

*ТОО «Институт химии угля и технологии», Казахстан, г. Нур-Султан,
e-mail: coaltech@bk.ru*

The work studied the influence of the impact of an electron beam on porous-carbon materials at the industrial electron accelerator.

Одним из перспективных энергетических видов воздействия на материалы является обработка их пучком ускоренных электронов. Электронный пучок является экологически чистым энергоносителем, дающим возможность вводить в объем обрабатываемого материала большое количество энергии за малое время, резко меняя его состояние.

С целью изучения влияния воздействия электронного пучка на углеродные материалы произведена радиационная обработка ПУМ на промышленном ускорителе электронов ИЛУ-10 в г. Курчатове. Параметры технологической линии: энергия - 4 МэВ; ток - 6,84 МэВ; скорость - 0,8 м/мин, поглощенная доза - 400 кГр; образцы подвергались к 4-х кратному прохождению подпучкового пространства. Обработка образцов до значений поглощенной дозы равной 200 кГр производилась в инертной среде далее до значений 400 кГр производилась в среде газовой смеси (азот/углекислый газ).



(а)

(б)

Рис.1. СЭМ снимки ПУМ:

а - до облучения; б - после облучения

Согласно результатам исследования выявлено, что удельная поверхность ПУМ на основе угля месторождения «Майкубен» импергированный со щелочью составляет 271,80 м²/г, после электронного облучения показатель увеличено до 376,75 м²/г, что может быть связано дополнительной активаций электронным пучком в присутствии СО₂, который способствует образованию пористой структуры и приводит к увеличению внутренней поверхности материала. При анализе морфологии поверхности образцов установлено, что в образце активированного адсорбента после облучения формировались углеродные нанотрубки (рис. 1(б)) с диаметром 144,2-160,3 нм, которые дополнительно способствует увеличению удельной поверхности образца. Образование УНТ возможно связано газофазным осаждением углеродных матриц на поверхности металлических активных частиц (титан или железо) присутствующие в составе образца, которые могут вступать в качестве катализатора, что и приводит к формированию новых углеродных образований.

Таким образом, углеродный нанокомпозит можно получить по одностадийной технологии в результате одновременного формирования наночастиц углерода и связывающей их углеродную матрицу.

ПЕРСПЕКТИВА ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИОУДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ КИСЛОТ

**Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Казанкапова М.К.,
Саулебекова М.Е., Имбавева Д.С.**

***ТОО «Институт химии угля и технологии», Казахстан, г. Нур-Султан,
e-mail: coaltech@bk.ru***

Получение модифицированных биопрепаратов на основе гуминовых полиэлектrolитных кислот, не подвергая к разложению гуминового каркаса, и тем самым, усиливая основные положительные и их питательные свойства, а также модифицировать активные группы является основной задачей исследовательской работы.

Создание новых модифицированных биопрепаратов с различными макро и микрокомпонентами на основе гуминовых полиэлектrolитных кислот, полученных из окисленных углей Казахстана, являются актуальной задачей. Истощенные, отравленные земли Казахстана от химических минеральных гербицидов, пестицидов, фунгицидов требует создание органических биопрепаратов для органического земледелия. В последнее время перспективными считают органические удобрения, содержащие гуматы калия и/или натрия с различными добавками макро-компонентов (N, P, K, Ca, Si, S) и микрокомпонентов (Fe, B, Mg, Mo, Co, Cu) в хелатной форме. Среди заместителей преобладают карбоксильные, гидроксильные, метоксильные и алкильные группы. Нами удалось усилить действия функциональных групп в биопрепаратах направленно путем добавления различных компонентов, благодаря наличию донорно – акцепторных групп гуминовых полиэлектrolитных кислот. Полученные модифицированные биоудобрения могут иметь широкий спектр применения в разных почвенно-климатических условиях при обработке различных растительных культур. Гуминовые молекулы состоят из двух строительных блоков, различающихся по химической природе: ароматического каркаса и углеводно-пептидной периферии. Модификация полиэлектrolитных кислот с частицами металлов направленного действия повышает активность и растворимость в воде получаемых модифицированных продуктов. Полученные результаты, несомненно, является вкладом в исследовании и разработке технологии применения биопрепаратов в растениеводстве для выращивания экологически чистых органических продуктов. Как показала практика, дополнительный урожай при их рациональном использовании колеблется от 30,0 до 60,0%. Отсутствие микроэлементов Fe, B, Mg, Mo, Co в почве может привести к снижению урожайности на 20.0-30.0%.

В докладе показано, что каждый из перечисленных выше элементов выполняет строго специфические функции в обмене веществ растений, и ни один из них не может быть заменен другим. Для выращивания высоких урожаев требуется и соответствующие количество питательных элементов и их определенная дозировка.

СИНТЕЗ ГРАФЕНОСОДЕРЖАЩИХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО РАЗРЯДА

Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенова Ж.М., Айтмагамбетова А.Ж.

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

The work is devoted to the synthesis of graphene-containing nanomaterials by the method of electric arc discharge from coal products and the study of the physicochemical properties of the obtained samples.

В исследовании графеносодержащие наноматериалы были синтезированы из карбонизованного угля месторождений «Богатырь» с использованием лабораторной камеры дугового разряда в инертной атмосфере азота. Сила тока при постоянном напряжении 75 В составила 300 А. Исходный образец имеет следующие характеристики (%): W^r – 1,4; A^d – 47,7; V^{daf} – 18,22, Элементный состав (масс.%): C-68,11, O-16,81, Na-0,07, Mg-0,10, Al-3,49, Si-8,37, S-0,22, Cl-1,12, K-0,11, Fe-2,60.

Результаты СЭМ-анализа углеродного материала, образовавшегося в верхней части реактора показали хлопьев графеноподобных наноматериалов (рис.1 (а)). Результаты КРС представляют собой сигналы с характерными пиками D и G (1360 см^{-1} и 1576 см^{-1}), также при 2718 см^{-1} наблюдается 2D-пик, что указывает

полученного наноматериала.

Соотношение интенсивностей I_D/I_G составляет 0,05, степень графитизации G_f –88,3 %.

Полученные спектры близкие к графиту, либо графитоподобным материалам, таким как углеродные нанотрубки или графена. Результаты СЭМ анализа УМ образовавшегося в нижней части реактора показали образования УНТ с диаметром от 54,9 нм до 170,5 нм, что и показывает данные КРС, где наблюдается спектры характерны для одностенных нанотроек (рис.1 (б)). Степень графитизации образца (б) составляет G_f –63.3%, $I(D)/I(G)$ =0.16, $I(G)/I(D)$ =6.2, $I(G)/I(2D)$ =7.6. Таким образом, нами получены графеносодержащие материалы и УНТ методом электродугового разряда, который является наиболее перспективным способом получения наноматериалов и обеспечивает получение продукта из угля с относительно высокой чистотой

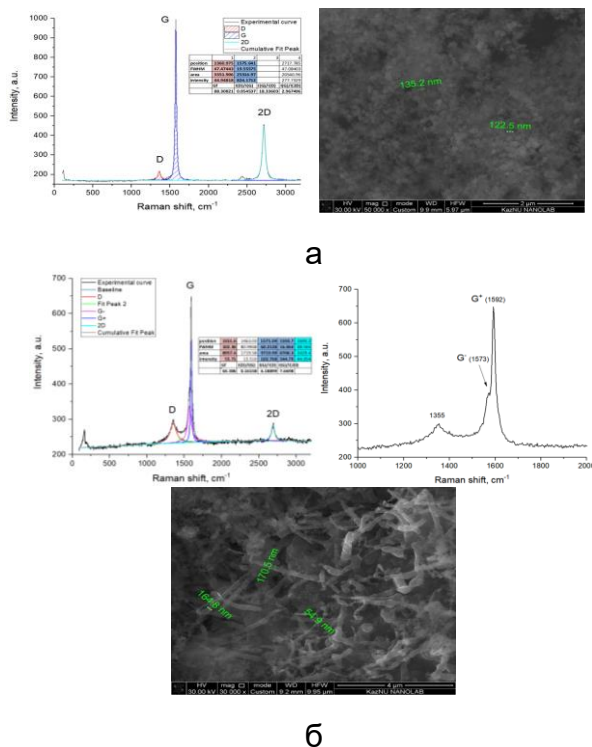


Рис.1. Результаты СЭМ-снимка и КРС образцов полученные из: верхней (а) и нижней части (б) реактора

с малым количеством дефекта.

ПОЛУЧЕНИЯ ФУЛЬВОВОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ОКИСЛЕННОГО УГЛЯ КАЗАХСТАНА

Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенова Ж.М., Байлина Г.

**ТОО «Институт химии угля и технологии»,
Казахстан, г. Нур-Султан, e-mail: coaltech@bk.ru**

The paper presents the results of obtaining fulvic acid (FA) from oxidized coal in Kazakhstan and the study of its functional groups.

В качестве исходного сырья был использован окисленный бурый уголь месторождения «Майкубен» с характеристиками (мас.%): Ad - 25.8; Wr - 9.3; Vd - 46.6; Std - 0.71. Содержание гуминовых веществ составляет 56 %.

Гуминовые кислоты (ГК) и ФК получены на основе гумата калия, путем подкисления 5%-ным раствором соляной кислоты до pH 1,0-1,5. Все органические вещества, оставшиеся в кислом растворе после выделения ГК, рассматривали как фульвокислоты. ГК отделяли центрифугированием, переносили на фильтр, промывали дистиллированной водой до нейтрального значения pH и высушивали при 60-70 °C до постоянной массы. ФК очищали путем пропускания через иониты. Функциональные группы полученного образца изучены на ИК-Фурье спектрометре (Nicolet iS 10) (рис.1).

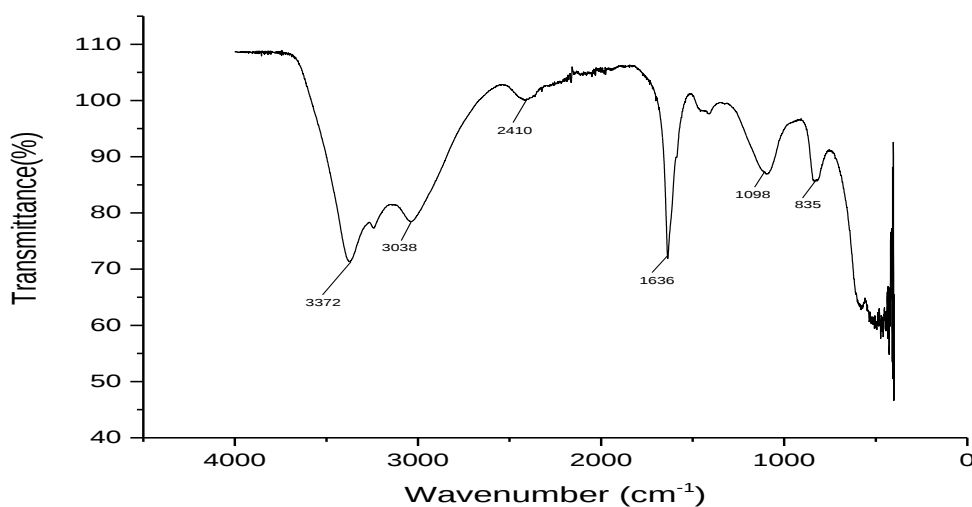


Рис.1. ИК-спектр фульвовой кислоты

По результатам исследования обнаружено пик при 3372 см⁻¹, отвечающий колебаниям N – H / O – H групп в структурах амида, аминов, карбоксильных соединений связанных водородными связями. В области 3100–3000 см⁻¹ наблюдаются вибрационные колебания ароматических C-H-связей. Менее интенсивный пик поглощения при 2400 см⁻¹ вероятно обусловлен присутствием алифатических C-H связей. Интенсивная полоса поглощения 1636 см⁻¹ характерна карбоксильной группы. Пики поглощения 1098 см⁻¹ и 835 см⁻¹ относится к колебаниям -C-O связей фенолов, полисахаридов и/или алифатических групп. Таким образом, с помощью ИК-спектроскопии установлено, что в состав ФК входят как кислотные группы, так и основные, что говорит об амфотерности образца.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ БИТУМА НАНОУГЛЕРОДОМ

Жамболова А.Б.^{1,2}, Тилеуберди Е.^{1,2}, Мансуров З.А.¹

¹РГП на ПХВ «Институт проблем горения», Казахстан, г. Алматы

²НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби»,
Казахстан, г. Алматы

Возникает настоятельная потребность в улучшении свойств битума путем введения в него модифицирующих добавок. Современные модификаторы должны обладать хорошей смачиваемостью по отношению к битуму и достаточно хорошей сыпучестью, что обеспечивает равномерное введение модификатора в битум. Они должны обладать также достаточно высокой термостойкостью, поскольку смешение их с битумом осуществляют при повышенных температурах (выше температуры текучести битума) вплоть до 180-200°C. Введение модификаторов в битум должно обеспечивать увеличение адгезии битумного связующего к минеральным компонентам в несколько раз, а также заметное увеличение температурного интервала пластичности и деформируемости[1].

Одним из методов улучшения характеристик битумных вяжущих является модификация вызвано использованием наноматериалов. Добавление наноматериалов действительно меняет реологические свойства битума, а также могут привести к изменению межмолекулярных сил в структуре битумных вяжущих. Это связано с тем, что, когда размеры материалов достигают наномасштаба, взаимодействия на межфазных границах становятся намного более интенсивными [2].

Каждая добавка смешивалась с горячим битумом (140–160 С) в соотношении 1-2 мас.%. Битум модифицировали с помощью механической мешалки. Сначала 100 г битума нагревали до 140–160 ° С до полного растекания, затем к расплавленному битуму добавляли заданное количество добавки в высокоскоростном смесителе со сдвиговым усилием 600–700 об / мин., смесь перемешивали при 140–160 ° С в течение 30 мин. Результаты определения физико-механических характеристик модифицированного битума приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики полученных модифицированных битумов

Характеристики	Пенетрация	КиШ	Растяжимость
Битум 70/100 + 1% нано С	56	61	30
Битум 70/100 + 1,5% нано С	54	59	27
Битум 70/100 + 2% нано С	52	61	25

На данном этапе физико-механические показатели модифицированных битумов пока полностью не удовлетворяют требования стандарта, что говорит о необходимости продолжения исследований.

Литература

1.http://www.rusnanonet.ru/nanoindustry/construction/constr_application/asphalt_concrete/

2.Ainur Zhambolova, Anna Lisa Vocaturo, Yerbol Tileuberdi, Yerdos Ongarbayev, Paolino Caputo, Iolinda Aiello, Cesare Oliviero Rossi and Nicolas Godbert. Functionalization and Modification of Bitumen by Silica Nanoparticles // Applied Sciences MDPI, 1 September 2020 y. 1-11.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ БУРЫХ УГЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

**Жеребцов С. И.¹, Малышенко Н. В.¹, Вотолин К. С.¹, Шпакодраев К. М.¹,
Исмагилов З. Р.¹, Соколов Д. А.², Андроханов В. А.²**

**¹Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной химии Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово**

**²Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Россия, г. Новосибирск,
e-mail: sizh@yandex.ru**

The paper presents the results of a study of humic preparations obtained on the basis of humic acids isolated from brown coal of the Tisulsk deposit of the Kansk-Achinsk coal basin.

На основе гуминовых кислот, выделенных из бурого угля Тисульского месторождения Канско-Ачинского угольного бассейна, получены образцы гуминовых препаратов (ГП), содержащие макро- и микроэлементы питания растений [1-4]. Проведено тестирование биологической активности гуминовых препаратов в лабораторных и полевых условиях с использованием семян сортовой пшеницы «Ирень» и «Новосибирская 89». Проведена сравнительная оценка влияния содержания различных элементов в ГП на ростовые показатели и урожайность злаковых культур. Для более эффективного использования гуминовых препаратов необходимо учитывать эдафические свойства почвенных субстратов.

Выявлено, что влияние гуматов на рост и развитие злаковых растений сказывается разнонаправленно. Лабораторные испытания позволили выявить, что биологическая активность зависит от концентрации используемых препаратов и концентрации присутствующих макро- и микроэлементов. Максимальную биологическую активность проявляют препараты (0.005% по гумату), содержащие кобальт и марганец (0.001%). Минимальную биологическую активность проявляют препараты, в растворе которых присутствуют биогенные элементы и особенно – кальций, нейтрализующий действие гуминовых кислот. Полевые испытания показали, что выбор модификаций гуминовых препаратов, используемых в борьбе против опустынивания, должен осуществляться с учетом эдафических и климатических условий территории их применения. При этом наибольший эффект от использования растворов гуминовых препаратов проявляется на каменистых почвах, испытывающих острый дефицит увлажнения, где практически все исследуемые препараты оказывают положительное действие.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-55-91033, и в рамках государственного задания ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН (проект 121031500124-2).

1. Жеребцов С.И., Малышенко Н.В., Вотолин К.С., Шпакодраев К.М., Исмагилов З.Р. Биологическая активность нативных и модифицированных гуминовых кислот // *Химия твердого топлива*. 2020. №4. С.3-7.
2. Жеребцов С.И., Вотолин К.С., Малышенко Н.В., Исмагилов З.Р. Получение гуминовых кислот с заданным структурно-групповым составом из бурых углей // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2020. Т.28. № 6.С. 544-549.
3. Малышенко Н.В., Жеребцов С.И., Смотрина О.В., Брюховецкая Л.В., Исмагилов З.Р. Сорбция катионов цинка модифицированными гуминовыми кислотами // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2015. №4. С. 451-457.
4. Жеребцов С.И. Малышенко Н.В. Вотолин К.С. Шпакодраев К.М. Исмагилов З.Р. Исследование зависимости биологической активности от структурных параметров нативных и модифицированных гуминовых кислот // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2020. №2. С. 152-158.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В УГЛЯХ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Журавлева Е.В.¹, Михайлова Е.С.¹, Журавлева Н.В.², Исмагилов З.Р.¹

**¹ *Федеральный исследовательский центр угля и углекимиия Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово, e-mail:***

katezhurav@yandex.ru

**² *Акционерное общество «Западно-Сибирский испытательный
центр», Россия, г. Новокузнецк***

The qualitative and quantitative content of PAHs in coals was determined by GC-MS. It was shown that the total content of 14 PAHs ($\Sigma 14$ PAHs) increases significantly with a decrease in the size class of the investigated fraction for all coal grades. The maximum content of $\Sigma 14$ PAHs is observed for coals of grades A (224,3 $\mu\text{g/kg}$), CS (201,9 $\mu\text{g/kg}$) and T (197,8 $\mu\text{g/kg}$), the minimum content of $\Sigma 14$ PAHs is for coal grade B (3,5 $\mu\text{g/kg}$) for size fractions (-0,04) mm. The content of benz(a)pyrene, which is a strong carcinogen, is in the range of 0,026-103,1 $\mu\text{g/kg}$ in the studied coals.

Одной из основных экологических проблем Кузбасса является загрязнение атмосферного воздуха угольной пылью, которая поступает в атмосферу в результате добычи, транспортировки, переработки и сжигания угля. Пыль каменного угля включает в себя органическую часть, в состав которой входят полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Изучение содержания ПАУ в углях актуально для определения степени токсичности сырья, продукции и атмосферного воздуха на границах угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий.

В качестве объекта исследований были выбраны 10 образцов каменных углей Кузбасса (марки Б, Д, Г, Ж, К, КС, ОС, СС, Т, А). Для оценки токсичности тонкодисперсных угольных порошков и определения доли наиболее опасных классов было проведено измельчение образцов углей на следующие классы крупности, мм: (-0,04); (-0,063+0,04); (-0,1+0,063); (-0,2+0,1). Для извлечения ПАУ из проб углей использовалась экстракция дихлорметаном. Определение качественного и количественного состава ПАУ проводили методом ГХ-МС на хромато-масс-спектрометре SCION SQ Select («Bruker», США).

Результаты исследования показали, что для всех марок угля суммарное содержание 14 представителей класса ПАУ ($\Sigma 14$ ПАУ) значительно увеличивается при уменьшении класса крупности исследуемой фракции. Максимальные содержания $\Sigma 14$ ПАУ наблюдается для углей марок А (224,3 мкг/кг), КС (201,9 мкг/кг) и Т (197,8 мкг/кг), минимальное содержание $\Sigma 14$ ПАУ - для марки Б (3,5 мкг/кг) для фракции крупности (-0,04) мм. Для остальных образцов углей содержание $\Sigma 14$ ПАУ находится в пределах 5,66-186,6 мкг/кг. Содержание бенз(а)пирена, являющегося сильным канцерогеном, в исследуемых углях находится в диапазоне 0,026-103,1 мкг/кг. Наиболее стабильной структурой в ряду ПАУ является фенантрен, который обнаружен в ряду исследуемых образцов углей разных фракций (0,061-43,7 мкг/кг). Очевидно, что фенантрен можно считать приоритетным ПАУ, и он может быть использован в качестве реперного соединения для оценки влияния процессов добычи и переработки углей на окружающую среду.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Департамента образования и науки Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-45-420020/20.

ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО И МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА УГОЛЬНЫХ ПОРОШКОВ И ПЫЛИ КАМЕННОГО УГЛЯ

Журавлева Н.В.^{1,2}, Журавлева Е.В.³, Созинов С.А.³, Исмагилов З.Р.³

**¹Акционерное общество «Западно-Сибирский испытательный центр»,
Россия, г. Новокузнецк, e-mail: zhuravleva_nv@zsis.ru**

**²Сибирский государственный индустриальный университет,
Россия, г. Новокузнецк**

**³Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты Сибирского
отделения Российской академии наук,
Россия, г. Кемерово**

This paper presents the results of studies of the granulometric and morphological composition of finely dispersed coal powders prepared according to a special technique. It is shown that the size class (-0,04) mm has a normal distribution, the class (-0,063 + 0,04) mm is characterized mainly as a polydisperse system, while the classes (-0,2 + 0,1) mm, (-0,1 + 0,063) mm have a bimodal distribution

Угольные порошки широко применяются в различных сферах промышленного производства. Основными технологическими процессами, в которых используются тонкодисперсные угольные порошки являются сжигание пылевидного угольного топлива, газификация угольной пыли, процессы обогащения угля, использование пылеугольного топлива в металлургическом производстве и других. Кроме того, важным аспектом исследования granulometric состава угольных порошков и пыли каменного угля является необходимость такой информации при осуществлении экологического контроля на предприятиях по добыче, переработке и транспортировке угля.

Для проведения исследований из Банка углей ИУХМ СО РАН были выбраны 10 образцов разных марок угля (Б, Д, Г, Ж, К, КС, ОС, СС, Т, А) Кузнецкого угольного бассейна. В данной работе представлены результаты исследований granulometric и морфологического состава тонкодисперсных угольных порошков, подготовленных по специальной методике по классам крупности (-0,2 + 0,1) мм, (-0,1 + 0,063) мм, (-0,063 + 0,04) мм, (-0,04) мм. Морфологические исследования данных фракций выполнены методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с наложением характеристических сигналов элементов. Изучение granulometric состава угольных порошков выполнено методом лазерной дифракции при диспергировании образцов в водной среде с добавкой поверхностно-активного вещества Dusazin 901 (Fritsch, Германия). Показано, что класс крупности (-0,04) мм имеет нормальное распределение, класс (-0,063 + 0,04) мм характеризуется в основном как полидисперсная система, тогда как классы (-0,2 + 0,1) мм, (-0,1 + 0,063) мм имеют бимодальное распределение и содержат до 30 % частиц с размерами, меньшими размера ячейки соответствующего сита. Данные о полученном характере распределения частиц методом лазерной granulometry подтверждаются результатами метода СЭМ. Показано, что зольность угольных порошков увеличивается с уменьшением класса крупности материала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Департамента образования и науки Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-45-420020/20.

ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ СМЕСОВОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ БУРОГО УГЛЯ

Жуйков А.В.¹, Кузнецов П.Н.², Матюшенко А.И.¹

¹*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Сибирский федеральный университет», Россия,
г. Красноярск, e-mail: azhuikov@sfu-kras.ru*

²*Институт химии и химической технологии СО РАН, Федеральный
исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»,
Россия, г. Красноярск, e-mail: kpn@icct.ru*

Co-combustion of brown coals and char is investigated using thermogravimetric and DSC analysis. The ignition temperatures and burnout of carbon residue are determined depending on the composition of the fuel samples. When coal and char are burned together, two combustion zones are formed, which indicate no synergistic effect, in contrast to combustion of brown coal blends.

В работе исследуется процесс горения топливной смеси на основе бурых углей (В2) Канско-Ачинского бассейна с добавлением буроугольного полукокса (СН) в различном соотношении. Горение исследуется методом термогравиметрического анализа для частиц с размером 53-100 мкм. Температура воспламенения и выгорания углеродного остатка у топливных образцов определяется по пересечению кривых [1].

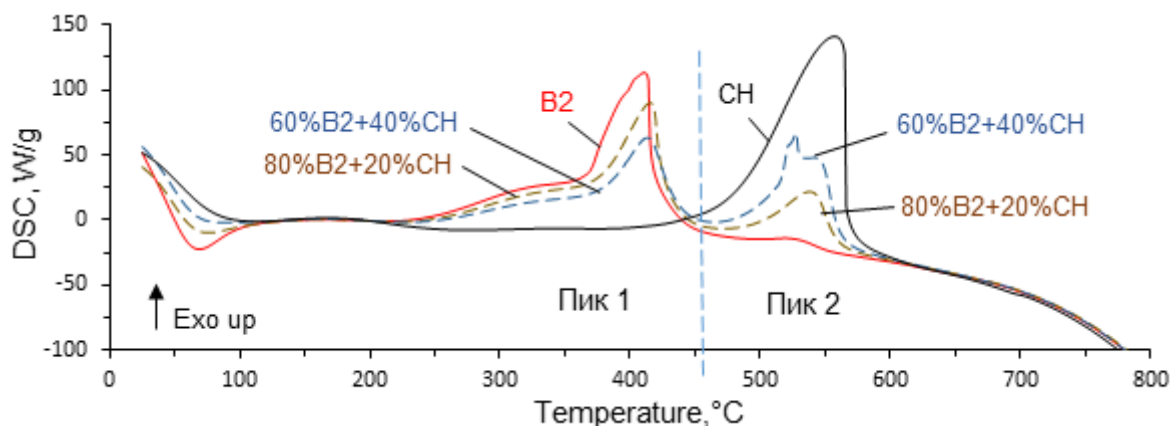


Рис. 1. Кривые DSC при горении топливных образцов.

Горение отдельных топлив происходит в одну температурную стадию, топливные смеси бурых углей с СН сгорают в два этапа (рис.1). Разделение на два этапа свидетельствует о том, что температура, формирующаяся при горении бурого угля, недостаточна для воспламенения полукокса. Определены температуры воспламенения топлив и выгорания углеродных остатков для индивидуальных образцов топлив и смесей. Показано, что температура воспламенения полукокса в смеси с бурым углем выше, а температура выгорания углеродного остатка ниже, чем для индивидуального.

Литература

1. Жуйков А.В., Матюшенко А.И., Логинов Д.А., Жижаев А.М., Кузнецов П.Н., Тарасова Л.С., Монгуш Г.Р. Использование смешанного топлива на основе бурого угля и продуктов его термической переработки в топках энергетических котлов // Журнал Сибирского федерального университета Серия: Техника и технологии. 2021. Т.14. №1. С. 106-116.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕФЛЕКТОГРАММНОГО АНАЛИЗА УГЛЕЙ И ШИХТ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ

Заостровский А.Н.¹, Исмагилов З.Р.^{1,2}

**¹Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной химии Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово, e-mail:
catalys01@rambler.ru**

**²Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, Россия, г. Кемерово**

Reflectogram analysis of coals for coking in combination with petrographic indicators and taking into account the petrographic heterogeneity of Kuznetsk coals makes it possible to most accurately determine their properties when compiling coal charges, i.e., contributes to the choice of the direction of blending, which ensures the rational use of coal concentrates. This is especially important when the concentrates are represented by several grades or types of coals that have similar quality indicators, but with different sintering properties.

Рефлектограммный анализ является единственно эффективным средством контроля качества углей, поставляемых на коксование. Изменение формы рефлектограммы позволяет сразу же выявить и прогнозировать возможные изменения в производственном процессе при дальнейшем применении той или иной шихты (рисунок). Классические лабораторные методы не позволяют осуществлять подобный контроль.

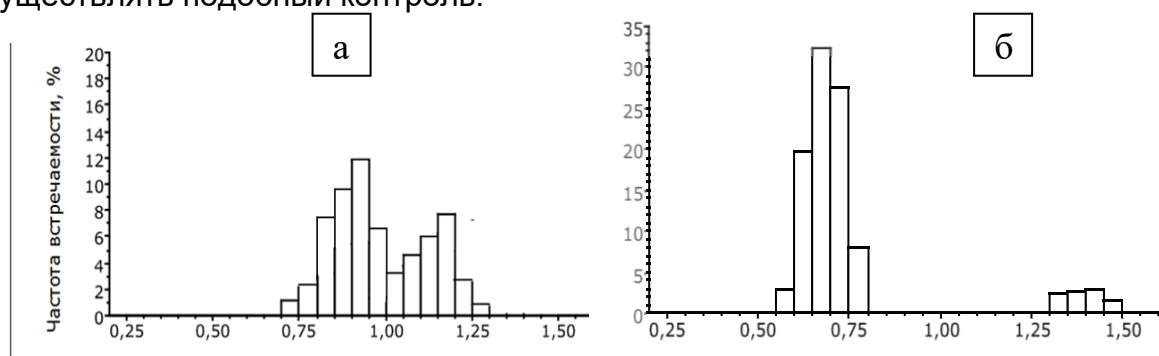


Рисунок – Рефлектограммы: (а) - смесь двух углей, близких по своим свойствам; (б) - смесь из двух углей, легко различимых по своим свойствам (по оси ординат – частота встречаемости вит-ринита, %; по оси абсцисс – показатель отражения витринита в иммерсионном масле, R_o, r %)

Показано, что рефлектограммный анализ выявляет сложные по составу концентраты углеобогачительных фабрик и рядовых углей, отличающихся друг от друга большим разнообразием свойств и их колебаниями. Установлено, что для получения петрографически однородной шихты необходимо подбирать угли с близкими друг к другу показателями отражения витринита, что позволит избежать наличие «окон» в рефлектограмме шихты и обеспечит наилучшую спекаемость и коксуемость [1, 2].

Литература

1. Еремин И.В., Арцер А.С., Броневец Т.М. Петрология и химико-технологические параметры углей Кузбасса. Кемерово, 2001. 399 с.
2. Жемчужников Ю.А., Гинзбург А.И. Основы петрологии углей. М., Изд. АН СССР. 1960. 400 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗО-ПЛАТИНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Захаров Н.С., Попова А.Н., Захаров Ю.А.

**Федеральный исследовательский центр угля и углекимиия Сибирского
отделения Российской академии наук,
Россия, г. Кемерово, e-mail: 2metil4@gmail.com**

The nanoparticles of FePt system were studied by the method of electron paramagnetic resonance. There were found ions Fe^{3+} , which were not detected by methods of diffraction analysis.

Высокомагнитные наночастицы на основе Pt в комбинации с переходными металлами такими как Fe, Co и углеродные композиты на их основе являются перспективными материалами для применения в магнитотехнике в связи с их высокими значениями величин магнитной анизотропии и коэрцитивной силы. Исследование магнитных характеристик наночастиц FePt, в том числе методами электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), является ключевым в понимании влияния условий синтеза на магнитные характеристики получаемых наночастиц [1, 2].

В работе были синтезированы методом восстановления водных растворов прекурсоров наночастицы FePt с заданными соотношениями: $\text{Fe}_{10}\text{Pt}_{90}$, $\text{Fe}_{19}\text{Pt}_{81}$, $\text{Fe}_{24}\text{Pt}_{76}$, $\text{Fe}_{48}\text{Pt}_{52}$, $\text{Fe}_{70}\text{Pt}_{30}$. В качестве восстановителя использовали раствором гидразин-гидрата. Полученные наночастицы исследовали методом ЭПР на спектрометре Bruker EMX micro 6/1. На рисунке 1 представлен типичный ЭПР спектр наночастиц FePt.

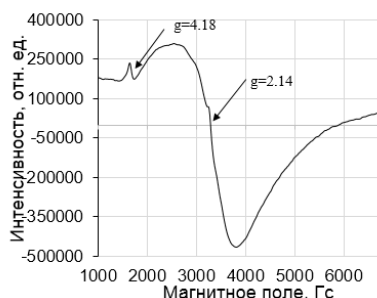


Рис. 1 Спектр ЭПР наночастиц $\text{Fe}_{10}\text{Pt}_{90}$

На спектрах ЭПР всех исследуемых образцов регистрируется сигнал с g-фактором 4.18, который характерен для высокоспиновых ионов Fe^{3+} . Однако, согласно данным, полученным методом рентгеновской дифракции, рефлексы, характерные для оксидов железа в высокоплатиновых образцах не удаётся обнаружить [2, 3].

Таким образом, метод ЭПР следует применять для исследования высокомагнитных наночастиц на основе железа для установления наличия недовосстановленного железа в образцах, например в виде оксидов.

Исследование выполнено на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН, в рамках проекта 45.3.2.

Литература

1. Tsuruda H., Komorida Y., Mito M., Deguchi H., Takagi S., Iwamoto T., Kitamoto Y. // *Journal of Spectroscopy*. 2013. – V. 200. № 7. P. 072102
2. Zakharov N. S., Popova A. N., Zakharov Y. A., Pugachev V. M. // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing. 2021. V. 1749. № 1. P. 012012
3. Zakharov N. S., Popova A. N., Zakharov Y. A., Pugachev V. M., Russakov D. M. // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing. 2021. V. 1749. № 1. P. 012011

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕКСТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОРБЕНТОВ ПОСЛЕ МОДИФИКАЦИИ ХЛОРИДОМ ЖЕЛЕЗА III

Зыков И.Ю., Дудникова Ю.Н.

**Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово, e-mail:
zyak.kot@mail.ru**

The magnetic sorbents were prepared by iron (III) chloride modification of D66 sorbent. The iron (III) chloride / sorbent mass ratio varied at the impregnation stage from 1/5 to 1/3. The modification of impregnated sorbent was carried out at 800° C for 1 hour. The porosity characteristics of the magnetic carbon sorbents were studied by the method of low-temperature nitrogen adsorption. An increase in the amount of iron (III) chloride leads to partial overlap of micropores and decrease in pore volume and specific surface area. The mesopores development is not observed.

Наиболее интересной особенностью активации хлоридом железа III является то, что данный процесс приводит к получению магнитных углеродных сорбентов. Схема активации углеродных материалов (в нашем случае модификации сорбентов) хлоридом железа III представлена в работе [1].

Первая стадия заключается в пропитке сорбента раствором хлорида железа III в течение 24 часов. Затем пропитанный сорбент активируется хлоридом железа III при температуре 800°С в течение часа в закрытых керамических тиглях. Получившийся магнитный сорбент отделяется неодимовым магнитом (выход порядка 40%). Наличие фазы магнетита в составе сорбентов после активации хлоридом железа III доказано определением фазового состава образцов методом порошковой рентгеновской дифракции в работе [1].

Исследование пористой структуры полученных углеродных сорбентов проводили на анализаторе ASAP-2020. Характеристики пористой структуры определяли по изотермам адсорбции азота при 77 К. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики пористости углеродных сорбентов.

№	Образец	$S_{\text{ВЕТ}}$, м ² /г	V_{Σ} , см ³ /г	$V_{\text{микро}}$, см ³ /г	$V_{\text{мезо}}$, см ³ /г	D_{pores} , Å
1	Сорбент Д66	1340	0.58	0.46	0.07	17
2	Сорбент Д66+FeCl ₃ 1:5	1160	0.53	0.40	0.08	18
3	Сорбент Д66+FeCl ₃ 1:4	1000	0.51	0.38	0.08	20
4	Сорбент Д66+FeCl ₃ 1:3	980	0.45	0.33	0.08	18

Показано уменьшение удельной поверхности полученных сорбентов при увеличении количества вводимого хлорида железа III. Также уменьшается и общий объем пор за счёт уменьшения объема микропор. Что может свидетельствовать о частичном заполнении пространства внутри микропор магнетитом или частичном их перекрытии. Объем мезопор сорбентов незначительно увеличивается при модификации, а количество вводимого хлорида железа III не влияет на объем мезопор.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант р_а 20-43-420012).

Литература

1. Zykov I.Yu. Magnetic sorbents based on kuzbass long-flame coal / I.Yu Zykov., Yu.N. Dudnikova, V.E. Tsvetkov, N.N. Ivanov // Journal of Physics: Conference Series. - 2021- V.1749 - С. 012013.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО И ИСПЫТАНИЕ БЕЗДЫМНОГО ТОПЛИВА

Каминский Ю.Д.

***Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,
Россия, г. Новосибирск, e-mail: ydkaminskiy@yandex.ru***

The paper examines the coals of Tyva and Mongolia in order to organize the processing technology to produce coal-fired smokeless briquettes that reduce the formation of smog and air pollution from private homes with coal heating. Experimental-industrial thermolysis plants have been developed and manufactured to conduct research on the production of smokeless fuel. Fuel briquettes were obtained by pressing solid products of coal thermolysis (semi-coke) at an elevated temperature in a periodic mode on hydraulic presses in Russia and Mongolia.

В ИХТТМ СО РАН проведены исследования переработки каменных углей Каа-Хемского, Межегейского и Чаданского месторождений Тувы и углей месторождений Монголии: бурого - Баганурского, каменного – Тавантолгойского. Описаны процессы алкилирования, химической активации углей, влияние ультразвукового воздействия и механической активации в планетарной мельнице на свойства углей.

Исследования процессов и продуктов термолитиза углей были направлены на определение особенностей, наблюдаемые при сжигании углей. При температуре выше 400 градусов происходит энергичное разложение угля с образованием жидких и газообразных продуктов, которые не успевают в печи сгореть и вылетают в трубу, в атмосферу, где конденсируются, образуя аэрозоль – дым.

Проблемам образования смога и загрязнения воздуха от частных домов с угольным отоплением наблюдаются в многих регионах и городах Сибири (Красноярск, Минусинск, Омск, Новосибирск, Кемерово, Улан-Удэ, Кызыл).

Среди вариантов решения проблемы снижения выбросов при сжигании угля рассмотрен переход на использование бездымного топлива – топливных угольных брикетов.

Для проведения исследований по получению бездымного топлива и оптимизации процесса переработки Тувинских и Монгольских углей разработана и изготовлена опытно-промышленная термолитическая установка (ТХО), предназначенная для проведения процессов термохимической обработки углей в непрерывном режиме. Исследования технологии и технической реализации процессов получения топливных брикетов проводились путем прессования твердых продуктов термолитиза углей (полукокса) при повышенной температуре в периодическом режиме. Применялись гидравлические прессы параллельно в России и Монголии. Показано, что при использовании в качестве связующего водного раствора лигносульфоната в пропорции 1:20 сухой массы компонентов смеси были получены топливные угольные брикеты диаметром 50 мм и высотой 50 мм. При тепловой выдержке брикетной массы в пределах 180 - 360 сек при температуре нагрева 150-250 °С, прочность на одноосное сжатие составляет 1,3 – 1,6 МПа. При естественной сушке брикетов в течении нескольких суток содержание влаги в брикетах стабилизируется и в дальнейшем не меняется. Прочность брикетов при длительном хранении практически не меняется.

Для изучения процессов термолитиза угля в динамических условиях в ИХТТМ СО РАН изготовлена опытно-промышленная термоэкструзивная установка (ТЭУ-2), предназначенная для проведения процессов непрерывной термохимической обработки углей и экструзии брикетов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА РЯДОВЫХ УГЛЕЙ МЕЛКИХ КЛАССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ОБОГАЩЕНИЯ

**Камоза Е.С.¹, Михайлова Е.С.¹, Исмагилов З.Р.^{1,2}, Лырщиков С.Ю.¹,
Созинов С.А.¹**

**¹Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной химии Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово, e-mail:
ms.kamoz@mail.ru**

²Институт катализа СО РАН, Россия, г. Новосибирск

Conducted research of three coal samples in the Kedrovsko-Krohalevskogo Kuzbass field. Comparative analysis showed the degree of influence of the physical and chemical properties of coal on the efficiency of results coal preparation.

Изучены высокозольные энергетические угли действующего разреза, направляемые на переработку на обогатительную фабрику. Проанализированы основные отличия образцов по гранулометрическому составу, результатам лабораторной флотации, общим техническим параметрам, мацеральному составу, элементному составу органической массы и минеральному составу золы. Прослеживается влияние содержания ароматических фрагментов, содержащих гетероатомы кислорода по данным С-ЯМР –спектроскопии. Определены существенные отличия микрокомпонентного состава концентрата по результатам петрографического анализа в отраженном свете. Представлена морфология микрокомпонентов, полученная при помощи сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM6390 SEM. Проведена оценка обогатимости образцов альтернативными методами: микроскопического исследования и лабораторного обогащения. Установлены причины неодинакового состава и свойств угля, путем разделения в тяжелых жидкостях с последующим исследованием выделяемых фракций. Отмечена важность комплексного подхода к прогнозированию обогатимости углей на производстве.

Литература

1. Бочаров В.А., Игнаткина В.А., Юшина Т.И. Флотационное обогащение полезных ископаемых. М.: Горная книга, 2017. 837 с.
2. Клейн М.С., Вахонина Т.Е. Технология обогащения полезных ископаемых // Учебное пособие КузГТУ, 2017. 192 с.
3. Федорова Н.И., Хицова Л.М.Ю., Малышева В.Ю., Исмагилов З.Р., Журавлева Н.В., Поткина Р.Р. Физико-химические свойства углей Усинского месторождения Печерского угольного бассейна. //Химия в интересах устойчивого развития. 2015. Т.23, №4. С. 433-438.
4. Коробецкий И.А., Шпирт М.Я. Генезис и свойства минеральных компонентов углей. Новосибирск «Наука» СО, 1988. 227 с.
5. Антипенко Л.А. Методы оценки обогатимости углей//Уголь, 2018. №6. С. 69-74.

АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПОЛУЧЕНИЯ БРИКЕТОВ ИЗ НЕКОНДИЦИОННЫХ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ УГЛЯ

Камунур К.¹, Карагуланова А.², Кетегенов Т.А.¹

**¹РГП на ПХВ «Институт проблем горения» МОН РК, Казахстан, г. Алматы,
e-mail: kamunur.k@mail.ru**

**²НАО «Казахский национальный университет им. аль-Фараби», Казахстан,
г. Алматы, e-mail: ardak.karagulanova@gmail.com**

В настоящее время, в процессе добычи угля, доля нереализуемой мелкой фракции доходит до 2 %, что оказывает негативное влияние на окружающую среду. С другой стороны, угольная мелочь может выступать в качестве источника сырья для получения различных продуктов химической переработки – бензинов, масел, брикетов и т.д. Поэтому актуальной задачей является разработка технологий, направленных на утилизацию некондиционных отходов, с выпуском продукции с высокой добавленной стоимостью [1-3].

Проведена апробация технологических принципов получения угольных брикетов из некондиционных отходов добычи угля месторождения «Ой-Карагай» (Казахстан). Получены качественные угольные брикеты, пригодные для приготовления пищи, посредством прессования карбонизированной угольной мелочи.

После подготовки угольной мелочи, брикетирования и высушивания исследованы свойства полученных угольных брикетов.

Установлено, что для брикетов прочность при сжатии увеличивается при увеличении количества использованного связующего и с увеличением давления прессования. Однако, как показали дальнейшие исследования по определению температуры и времени горения угольных брикетов, наиболее оптимальным давлением прессования и значения для данной формы брикетов является 4 МПа.

Исследовано влияние содержания связующего на температуру горения брикетов. Показана зависимость температуры и времени горения угольных брикетов от количества связующего вещества. В результате оптимизации процессов приготовления брикетов при максимальной температуре составило более 2-х часов, что на 20-30 % дольше времени горения брикетов из древесного угля.

Работа выполнена в рамках проекта № AP08957618 по ГФ МОН РК.

Литература

1. Никишанин М.С., Загруддинов Р.Ш., Сеначин П.К. Брикетирование местных топлив и отходов для систем энергообеспечения в сельской местности // Ползуновский вестник. 2016. №1. С. 88-95.
2. Buravchuk N. I., Gur'yanova O. V. Technology for the Joint Briquetting of Waste Coal and Sawdust // Solid Fuel Chemistry. 2016. Vol. 50, No. 6. P. 352–356.
3. Tulepov M., Sassykova L. R., Kerimkulova A.R., Mansurov Z. A. Preparation of Coal Briquettes and Determination of Their Physical and Chemical Properties // Oriental journal of chemistry. 2019. Vol. 35, No. 1. P. 180-185.

ОПЫТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПО ПОДЗЕМНОМУ НАГРЕВУ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ «БОГАТЫРЬ»

Касенова Ж.М.², Ермагамбет Б.Т.², Мартемьянов С.М.¹, Бухаркин А.А.¹

¹*Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, e-mail: coaltech@bk.ru*

²*ТОО «Институт химии угля и технологии», Казахстан, г. Нур-Султан, e-mail: sergmartemyanov@mail.ru*

The paper shows the results of field tests at the Bogatyr coal deposit on underground gasification of coal into synthesis gas with a high content of combustible components.

Полевые испытания по подземному электронагреву пласта проводились на угольном месторождении разреза ТОО «Богатырь Комир». Испытательная площадка находилась на открытой поверхности угольного пласта на горизонте - 80 м, на самом глубоком участке карьера. Испытательная площадка располагалась на ровном горизонтальном участке угольного пласта размерами ~40х20 метров. Силовая часть установки была расположена на расстоянии ~10 метров от участков нагрева, что превышает межэлектродное расстояние в ~10 раз. Глубина скважин на участке составила 0,65 м от поверхности грунта. Расстояние между скважинами по осям превенторов составило 0,86 м. Питание трансформатора производилось

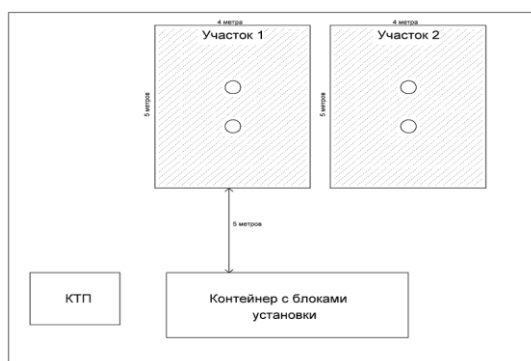


Рис.1. Схема испытательной площадки

от регулятора РОТМ-250/0,5. В качестве непосредственно регистрируемых величин использовались напряжение и ток на выходе регулятора. При использовании повышающего трансформатора ОМ-25/10, измеряемые значения были поправлены на коэффициент трансформации этого изделия. В качестве расчетных величин определялись мощность на нагрузке и сопротивление межэлектродного участка. Для измерения напряжения и тока использовалась беспроводная измерительная система Fluke CNX 3000 с функцией самописца. Период

регистрации значений был задан равным 5 секунд. Были проведены поэтапные процессы, происходящие на разных этапах нагрева межэлектродного участка. На первом этапе нагрева (0-3,5 часа от начала нагрева) сопротивление межэлектродного участка непостоянно и колеблется в диапазоне от 350 до 550 Ом. Выход газа в единицу времени на этом участке составлял около 3 м³/час. Состав полученного газа (об, %): СО-22.29, СО₂-4.49, СН₄-5.12, Н₂-73.20, N₂-10.11. Калорийность газа 10,91/2608 МДж/м³ (ккал/м³). Таким образом, проведенные полевые испытания на участке угольного пласта разреза ТОО «Богатырь Комир» и расчетные и экспериментальные исследования показывают возможность электропробоя и последующего нагрева на межэлектродных расстояниях от 0,5 м и более метров с получением пиролизного газа с высоким содержанием горючих компонентов.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТО-УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ЗШО УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БОГАТЫРЬ»

Казанкапова М.К., Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Маслов Н.А.

*ТОО «Институт химии угля и технологий»,
Казахстан, г. Нур-Султан, e-mail: coaltech@bk.ru*

The paper shows the results of obtaining a porous-carbon material (PCM) from ash and slag waste (ASW) by the impulse-cavitation method.

Золошлаковые отходы (ЗШО) являются продуктами высокотемпературной (1200-1700 °С) обработки минеральной части топлива. В ЗШО соединения основных золообразующих макроэлементов составляют до 98-99 %. Ежегодно в мире образуется приблизительно 750 миллионов тонн ЗШО. В настоящее время в Казахстане накопилось более 300 млн. тонн ЗШО. в Казахстане перерабатывается менее 10 % золы, в Индии около 60 %, в Китае около 70 %, в США около 50 %. Нами получены ПУМ из ЗШО импульсно - инерционным методом. Принцип действия импульсно-инерционной установки основан на разделении частиц золы угля в водном растворе (в соотношении 7-10) по разному удельному весу под воздействием давления. Лёгкая зольная фракция представлена в основном ПУМ, алюмосиликатными микросферами, легкими металлами и легко отделяется на первых стадиях процесса. Тяжелая зольная фракция содержит муллит, глинозем, кремнезем, стекловидную фазу, магнитную фракцию, тяжелые металлы.

При анализе морфологии поверхности технического углерода полученного из золошлака установлено, что поверхность представлена неоднородностью структуры, характеризуется хлопьевидными включениями в углеродной матрице, также сферические нано и макрочастицы оксида кремния с размером от 672 нм до 5,89 мкм, что доказывает результаты рентгенофазового анализа, где были обнаружены частицы кварца (SiO_2). Рентгенофазовый анализ также показывает наличие алюмосиликатных минералов типа каолинит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) и силлиманит ($\text{Al}_2(\text{SiO}_4)\text{O}$ или $(\text{Al}_2\text{O}_3)(\text{SiO}_2)$). Элементный анализ минерального состава образца показало наиболее высокое содержание кремния (13336 мкг/г), алюминия (18626,19 мкг/г), натрия (29725,49 мкг/г), железа (8934,86 мкг/г) и титана (3719,81 мкг/г). Содержание углерода составляет 52,69 %, водород 2,287 %, азот 8,655 %. Результаты распределения размеров частиц показало, что 10 % образца содержит частицы с размером до 17,7 мкм, 50% - 63,9 мкм, 90 %-348 мкм.

Полученные образцы апробированы для очистки нефти и тяжелых металлов в водной фазе, где показали высокие степени очистки: от нефтепродуктов - 96,69 %, цинка – 98,57 %, кадмия 96,83 %, свинца - 91,11 %, меди 97,41 %. Таким образом, полученный пористый углеродный материал, полученный при переработке ЗШО угля «Богатырь», является адсорбентом для очистки от нефтезагрязнений в нефтепромыслах.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ АДсорбЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ОКСИДА КРЕМНИЯ

Казанкапова М.К., Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М.

**ТОО «Институт химии угля и технологии»,
Казахстан, г. Нур-Султан, e-mail: coaltech@bk.ru**

The paper presents the results of research on the preparation and study of the physicochemical properties of a composite based on humic acid and silicon oxide.

Для получения гуминовой кислоты (ГК), в качестве исходного сырья использовали бурый уголь месторождения «Майкубен», предварительно измельченный до крупности менее 0.3 мм и имеющий следующие характеристики (мас.%): A^d 25.8; W^d 9.3; V^d 46.6; S_f^d 0.71. Выход свободных гуминовых кислот составил 56%.

Для получения модификации ГК/SiO₂ и ее карбонизированной формы, высушенный образец (ГК) измельчается до порошкообразного состояния и механически смешивается с SiO₂ полученный из ЗШО угля «Богатырь» в соотношении 10/1 (ГК/SiO₂). Полученный порошок карбонизировали в трубчатой печи в атмосфере аргона 800°C в течение 1 ч со скоростью нагрева 5°C в минуту. Элементный состав карбонизированного композита на основе ГК/SiO₂=1:1 составляет (масс.%): C-27,46, O-31,32, Na-0,07, Mg-0.14, Al-2,2, Si-18,67, S-0,76, Cl-1.1, K-8,89, Ca-0,53, Cu-0.69, Fe-8,18. СЭМ-снимки образца представлены на рис. 1.,

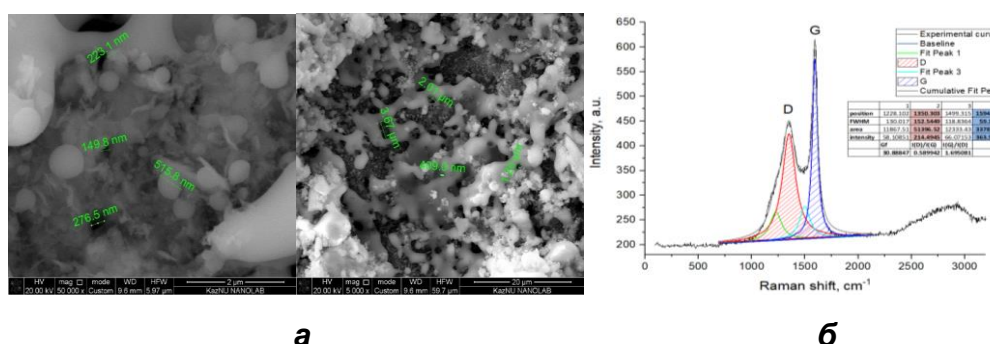


Рис.1. Результаты СЭМ-снимка (а) и КРС (б) композита на основе ГК/SiO₂

где можно наблюдать хлопьевидные образования и сферические оксида кремния с размером от 223,1 нм до 515,8 нм. Результаты КРС представляют собой сигналы с характерными пиками D и G (1350,08 см⁻¹ и 1594,5 см⁻¹). Соотношение интенсивностей I_D/I_G составляет 0,59, что утверждает о немалом количестве дефектов образца. Степень графитизации (G_f) составляет 30,88 %. Полученный композитный материал апробирован по очистке тяжелых металлов в динамических условиях. В результате сорбции, полученный композит показал высокую степень очистки (%): Zn-100.0, Cd-91.57, Pb-91.66, Cu-100.0, что может быть связано значительной способностью ГК к образованию комплексных и внутрикомплексных (хелатных) соединений с тяжелыми металлами и высокой сорбционной способностью композита с наночастицами оксида кремния.

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПИРОЛИЗ СЕРНИСТОГО БУРОГО УГЛЯ ПОДМОСКОВНОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

**Кислов В.М., Зайченко А.Ю., Цветков М.В., Салганский Е.А.,
Цветкова Ю.Ю., Подлесный Д.Н., Пилипенко Е.Н.**

**ФГБУН Институт Проблем Химической Физики РАН,
Россия, г. Черноголовка, e-mail: vmkislov@icp.ac.ru**

In order to increase the ecological purity of the use of sulfur-rich brown coal the experiments on its oxidative pyrolysis in the temperature range from 500 to 1200 ° C were carried out. It was found that with rapid heating for 15 seconds, the mass loss of coal is up to 24 %, the almost all of the sulfur remains into the solid residue. At the gradual heating, the mass loss of coal reaches 60%, and the sulfur content in the solid residue decreases to 50% of the original.

Несмотря на то, что уголь является одним из самых «грязных» видов топлива, он по-прежнему остается одним из основных источников энергии. В связи с этим становится весьма актуальным поиск способов использования углей с минимальным ущербом для окружающей среды.

Цель работы – исследование содержания серы в твердых продуктах при различных режимах термообработки сернистых бурых углей. Объектом исследования являлся сернистый бурый уголь Подмосковного бассейна, характеризующийся преобладанием сульфидной серы в виде пирита (FeS_2), халькопирита (CuFeS_2) и марказита (полисульфида железа, FeS_2).

Эксперименты проводили в муфельной электропечи СКВ 15/12. В печь помещали навески частиц угля массой 25.0 г, размер частиц составлял 1.5, 2.5 и 5.0 мм. Быстрый нагрев осуществлялся в температурном диапазоне от 500 до 1200°C. Время выдержки при заданной температуре составляло 15 с. При постепенном нагреве образцы одновременно размещали внутри печи и нагревали от комнатной температуры до 1200°C. По достижении заданной температуры один из образцов вынимали из печи, остужали и взвешивали, затем анализировали на CHNSO.

Эксперименты показали, что при быстром нагреве угля в основном происходят процессы дегидратации и карбонизации. Содержащаяся в угле сера практически полностью остается в твердом остатке.

При постепенном нагреве от 300 до 900°C преимущественно идут процессы пиролиза, сопровождающиеся интенсивным выделением летучих. При температуре 900°C карбонизация практически полностью завершается. В диапазоне температур от 900 до 1200°C идет окисление коксового остатка, протекающее с постоянной скоростью. Содержание серы в твердом остатке определяется температурой и интенсивностью окисления органической массы угля. Наилучшими температурными условиями для термической переработки данного угля является интервал 1000–1200°C, обеспечивающий достаточно полное сгорание содержащегося в нем углерода, но не приводит к полному выгоранию находящихся в нем соединений, содержащих серу.

Измерения элементного состава используемых материалов и образующихся продуктов горения выполнены в АЦКП ИПХФ РАН.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Госзадания № 0089-2019-0018, номер госрегистрации АААА-А19-119-022690098-3.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ГАЗИФИЦИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ПОГЛОЩЕНИЕ СЕРЫ ПРИ ФИЛЬТРАЦИОННОМ ГОРЕНИИ СЕРНИСТОГО УГЛЯ С МРАМОРОМ

**Кислов В.М., Зайченко А.Ю., Цветков М.В., Салганская М.В.,
Цветкова Ю.Ю., Пилипенко Е.Н.**

***ФГБУН Институт Проблем Химической Физики РАН,
Россия, г. Черногловка, e-mail: vmkislov@icp.ac.ru***

The influence of the particle size of sulfur-containing coal and marble on the degree of sulfur absorption during their gasification in the filtration combustion mode is studied. It is shown that to significantly increase the amount of absorbed sulfur, the absorber particle size must be reduced by five or more times.

Наличие в углях серы существенно сдерживает их использование в химической промышленности и энергетике, поэтому поиск экологически чистых способов переработки углей становится весьма актуальной задачей. Наши эксперименты по газификации смесей частиц сернистого угля и мрамора показали, что добавка в газифицируемый материал до 50% мрамора позволяет поглотить до 37% серы, содержащейся в угле. Целью данной работы являлся поиск способов увеличения доли поглощаемой серы при газификации сернистых бурых углей в режиме фильтрационного горения. Предметом исследования являлось изучение влияния размера частиц угля и мрамора на долю поглощенной серы.

Эксперименты по газификации смесей частиц угля и мрамора проводили в кварцевом реакторе диаметром 45 мм, размер используемых частиц угля и мрамора составлял 1.5, 2.5, 5.0 и 7.5 мм. Объектом исследования являлся сернистый бурый уголь Подмосковского бассейна. Содержание угля в газифицируемой смеси составляло 50%.

Эксперименты показали, что с уменьшением размера частиц температура горения практически не меняется, скорость горения линейно увеличивается, а в газообразных продуктах существенно увеличивается содержание окиси углерода. Теплота сгорания газообразных продуктов газификации увеличивается с 2.0 до 3.0 МДж/м³. Доля поглощенной серы при изменении размера частиц от 7.5 до 2.5 мм менялась мало, увеличиваясь примерно от 37 до 43%, а при газификации смеси с размером частиц 1.5 мм увеличивалась примерно до 60%.

Таким образом, с уменьшением размера частиц доля поглощенной серы растет, однако для существенного повышения количества поглощенной серы размер частиц необходимо уменьшать в пять и более раз.

Измерения элементного состава используемых материалов и образующихся продуктов горения выполнены в АЦКП ИПХФ РАН.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Госзадания № 0089-2019-0018, номер государственной регистрации АААА-А19-119-022690098-3.

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ГОРЕНИЯ УГОЛЬНО-ВОДНОЙ СМЕСИ

Коркембай Ж.^{1,2}, Мансуров З.А.^{1,2}, Калыбаев А.А.³

**¹РГП на ПХВ Институт проблем горения КН МОН РК,
Казахстан, г. Алматы**

**²Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы**

**³АОО Назарбаев Университет,
Казахстан, г. Нур-Султан, e-mail: Korkembay.Zh@mail.ru**

Задачи комплексного исследования твердого топлива, в том числе угля, на протяжении многих лет не теряют своей актуальности. Развитие технологий, изменение характеристик угля в зависимости от региона добычи, постоянное совершенствование материально-технической базы, ужесточение экологических норм приводит к необходимости исследования и совершенствования технологий переработки и сжигания угля. Для Республики Казахстан, как для страны с крупными запасами угля, развитие новых технологий, в области переработки и сжигания угля имеют важное стратегическое и экологическое значения.

В Казахстане выработка электроэнергии на ТЭЦ основано на сжигании углей и составляет 84 % всей энергетики. И в основном используется для выработки электроэнергии. Важно разработать программу комплексной переработки. Одним из путей является создание высокоэффективных горелочных устройств на основе водоугольных смесей (ВУС) с содержанием H_2O 40-90%. Основной идеей использования является разложение H_2O до OH и H и их экзотермических реакций, позволяющей достигать высокой теплотворной способности.

Работу при сжигании угольно-водной смеси в качестве топлива можно разделить на две части: первая – приготовление угольно-водной смеси, вторая – сжигание угольно-водной смеси.

Разработана горелка для сжигания ВУС с концентрацией воды до 50%. Получены температурные профили в зависимости от концентрации воды.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта AP09259842.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ УГЛЕЙ И СОРБИРУЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Коростылева Е.Е., Пономарева А.А.

**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
Россия, г. Санкт-Петербург, e-mail: eekorostyleva@niuitmo.ru**

In this work, physicochemical features and thermal behavior of a coal dust of Pavlovskiy brown coal were studied. Chemical changes during thermal treatment in the region from 150-350 °C were investigated using IR-spectroscopy. The surface area of samples was estimated by an adsorption of acetic acid from liquid solution.

Поиски новых путей в химической технологии переработки угля и повышении его реакционной способности заставляют более внимательно относиться к изучению процессов, протекающих при механических и термических воздействиях на уголь.

Для низкотемпературной термообработки использовались следующие объекты исследования: бурый и каменный угли Павловского месторождения Приморского края. Предварительно угли измельчали на универсальной мельнице ИКА М 20. После было проведено фракционирование с помощью вибрационного грохота. Для проведения экспериментов были отобраны фракции каждого угля с размерами частиц менее 0,05 мм. Образцы обрабатывали термическим нагревом в интервале температур 150-350 °C. Предварительно гигроскопическая влага была удалена путем сушки образцов в эксикаторе в течение трех дней.

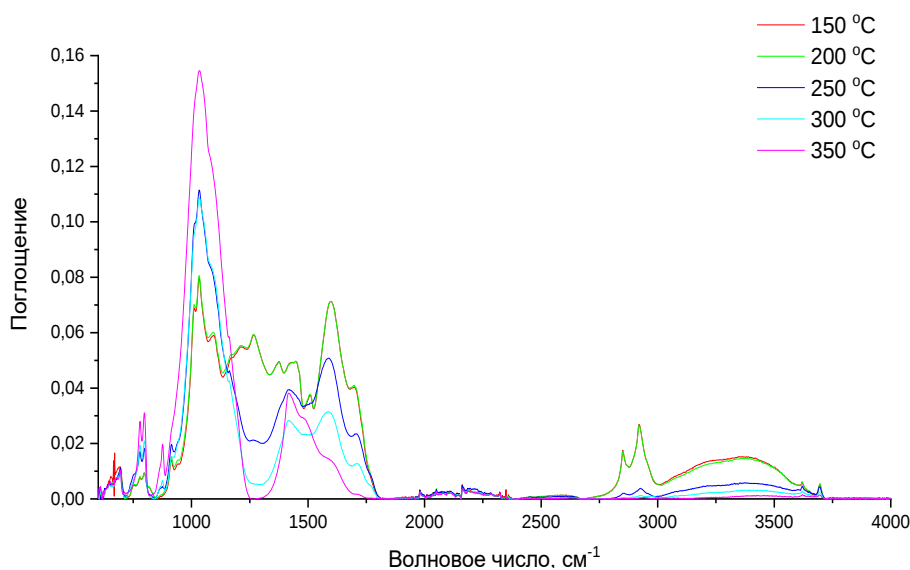


Рис. 1. ИК-спектры образцов бурого угля.

После обработки для каждого образца регистрировали ИК-спектры на спектрометре Tensor 37 (Bruker, Германия). Пример полученных ИК-спектров представлен на Рис. 1. Также свойства углей, а именно изменения удельной площади поверхности, исследовались методом адсорбции уксусной кислоты из раствора. По характеру термического разложения образцы имеют схожие тенденции, однако заметные изменения структуры бурого угля начинается раньше по сравнению с каменным углём.

ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ КИСЛОРОДА

Коростылева Е.Е.¹, Пономарева А.А.^{1,2}, Лесных А. В.²

¹*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
Россия, г. Санкт-Петербург, e-mail: eekorostyleva@niuitmo.ru*

²*Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток*

Research has been carried out on mechanically activated Pavlovskiy brown coal and coal from the Far East region. Finely dispersed coals with a particle size in the range of 50-150 microns were investigated in nitrogen and oxygen atmosphere in various ratios in the temperature range of 25-900 °C. Kinetic parameters and characteristic indices of combustion processes have been determined.

Сущность термического анализа заключается в изучении физических и химических превращений, происходящих в индивидуальных веществах и системах при изменении температуры. При изучении свойств органических веществ широко используется динамический термогравиметрический анализ, являющийся разновидностью термического анализа. Динамический термогравиметрический анализ позволяет определить не только температуры начала и определенной степени деструкции, максимальной скорости и окончания физико-химических процессов в условиях испытания образцов, но и дает возможность рассчитать кинетические параметры разложения органических веществ – эффективные значения констант скорости и энергии активации.

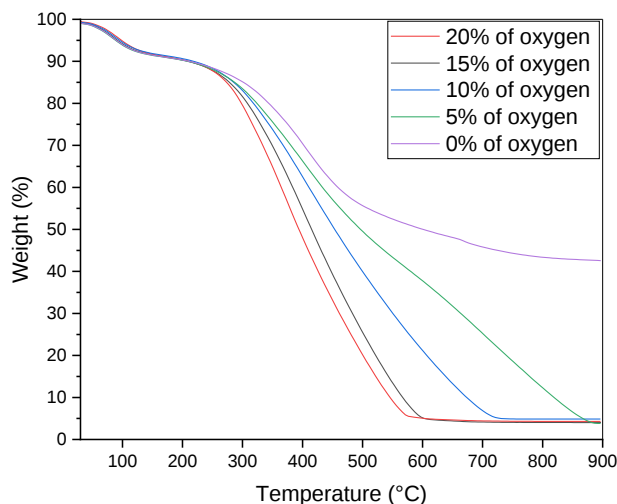


Рис. 1. Термогравиметрия образцов бурого угля. Проведены исследования механоактивированного бурого угля Павловского месторождения и каменного угля Дальневосточного региона. Мелкодисперсные угли с размером частиц в диапазоне 50-150 мкм исследованы в среде азота и кислорода в различных соотношениях в диапазоне температур 25-900°C. Определены кинетические параметры и характеристически процессы горения, такие как: индекс воспламенения, индекс воспламеняемости, индекс выгорания, комплексный индекс горения. Проведен сравнительный анализ между образцами бурого и каменного углей на основе полученных результатов, а также сравнительный анализ с литературными данными.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект №075-15-2020-806).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФАУНИСТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

**Ковалевский А.В.¹, Зубко К.С.¹, Тарасова И.В.¹, Лучникова Е.М.¹,
Филиппова А.В.¹, Воронина Л.А.², Гашков С.И.², Ефимов Д.А.¹**

**¹Кемеровский государственный университет,
Россия, г. Кемерово, e-mail: passer125@yandex.ru**

²Томский государственный университет, Россия, г. Томск

During reclamation, to restore biodiversity, it is necessary to carry out thickened plantings at the level of 10–15 thousand seedlings per hectare on separate sites with a size of 2×1 m. Moreover, on one hectare it is necessary to lay 300-600 such sites, equidistant from each other. Based on the biology of most herbivorous mammals, it is expected that such thickened stands, interspersed with open spaces, will contribute to the formation of foraging and protective conditions.

Техногенные ландшафты характеризуются целым рядом негативных факторов, которые существенно ограничивают видовой состав древесных пород. Учитывая неблагоприятные условия техногенного экотопа, проектные организации выбирают для рекультивации неприхотливую и экологически пластичную культуру сосны обыкновенной в монопосадках, так как такой подход к рекультивации финансово наименее затратный. В результате подобной биологической рекультивации формируются крайне бедные сообщества, как во флористическом, так и фаунистическом аспектах. Даже через 40 лет максимальное биологическое разнообразие едва достигает 30–40% от ненарушенных фитоценозов. Подобный подход в рекультивации противоречит не только современным представлениям о сохранении биологического разнообразия, но и требованиям ГОСТ-5 7446-2017 (Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия), который определяет приоритет восстановления биологического разнообразия по образцу природных сообществ. Несмотря на издание в последние годы различных методических рекомендаций по рекультивации нарушенных земель в русле экологической реставрации, они не учитывают необходимость формирования защитных и кормовых условий для фаунистического компонента биоценоза.

Для создания благоприятных кормовых и защитных условий травоядным животным таёжной зоны, помимо большого числа видов древесных растений, на отдельных площадках размером примерно 2×1 м необходимо проводить загущенные насаждения на уровне 10–15 тыс. саженцев на 1 га. Причем на одном гектаре следует закладывать 300–600 таких площадок, равноудалённых друг от друга, на которых высаживать до 25 саженцев. Основываясь на биологии большинства травоядных млекопитающих, ожидается, что подобные загущенные насаждения, чередующиеся с разреженными пространствами, будут способствовать формированию мозаичности растительного сообщества, так необходимой для удовлетворения различных потребностей животных. Деревья и кустарники необходимо высаживать в примерной пропорции 60/40 соответственно. Введение большого числа кустарников создаст защитные условия для гнездования воробьинообразных птиц. Плодоносящие кустарники смогут выполнять функцию кормовой станции.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-44-420008.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ МЕЗОСТРУКТУРНОЙ УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЫ В ПРОЦЕССАХ ПИРОЛИЗА

Котельников В.И.¹, Рязанова Е. А.², Ершова О. В.³

***¹Новосибирский институт органической химии СО РАН,
Россия, г. Новосибирск***

***²Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО
РАН, Россия, г. Кызыл***

***³Институт археологии и этнографии СО РАН, Россия, г. Новосибирск,
e-mail: tikopr@mail.ru***

В статье обсуждается механизм порообразования в процессе пиролиза каменного угля и получения мезопористой углеродной матрицы. Приводятся результаты моделирования этого процесса методом Монте-Карло в сравнении с экспериментально полученными данными.

Снижение роли угля в энергетическом балансе страны и мира ставит задачи совершенствования технологий сжигания угля и создания новых экологически безопасных процессов глубокой переработки угля. Производство качественного сырья для металлургической промышленности и других производств является стратегической задачей развития страны. Для замены выбывающих угольных месторождений необходимо вводить в эксплуатацию новые месторождения. Однако, этот процесс довольно сложен, поскольку угли разных месторождений отличаются по составу и свойствам и, соответственно, коксы, получаемые из таких углей отличаются по качеству и физическим параметрам. В связи с этим, нет единого технологического процесса для всех месторождений каменного угля и существует необходимость приспосабливать технологию в соответствии с изменением свойств используемых углей, особенно, при переходе на месторождения разных регионов страны. С другой стороны, в свете последних решений руководства РФ необходимо решать поставленные задачи в рамках энергоэффективности и экономической целесообразности.

В рамках поставленных задач, проведены работы по нескольким направлениям: поиск и совершенствование имеющихся технологий глубокой переработки минерального сырья (угля); разработка и испытание опытных установок по переработке сырья с использованием усовершенствованных технологических схем (СК экстракция, пиролиз и т.п.); исследование возможностей применения отходов топливно-энергетического комплекса.

В настоящее время не существует внедрённых разработок экологически чистых энергосберегающих технологий сжигания твердых топлив на основе углей тувинского региона. Основное использование угля – энергетическое, предварительная технологическая обработка угля не применяется. Из-за большого содержания «летучих» и склонности к спеканию слоевое горение тувинских углей в котлоагрегатах и бытовых печах сопровождается высоким химическим недожогом, что приводит к сильному загрязнению атмосферного воздуха продуктами неполного сгорания угля.

Интенсивность газовой выделенности при пиролизе угольных частиц марки Г в 23 раза выше, чем угольных частиц марок Т или СС. При высоких скоростях газов пиролиза и наличии в топливе мелких частиц они подхватываются потоком газов и выносятся из рабочего пространства топки. Кроме этого, летучие продукты, выделяющиеся из углей, обладающих спекающими свойствами, характеризуются высоким содержанием углеводородных компонентов, разлагающихся с образованием низкорекреационной сажи, которая не успевает сгореть и также выносится из рабочего пространства топки. При воспламенении частиц углей марки Г наблюдался взрывной характер процесса с разбрасыванием газовых струй, твердых и жидких выбросов.

Группой исследователей была разработана технология непрерывного пиролиза угля в термически нагруженном слое, позволяющая получать широкий спектр углеродных материалов, начиная от бытового топлива с низким содержанием сажи и других вредных веществ в отходящих газах, до высокопористых углеродных сорбентов.

Технология позволяет получать углеродный материал с уникальными свойствами (Табл.1).

№, п/п	Характеристика	Значение
1.	Зольность, %, не более	15
2.	Массовая доля серы, %, не более	0,6
3.	Теплотворная способность, ккал/кг, не менее	5500
4.	Удельное сопротивление, Ом	40
5.	Число мезопор, %	>50

Таблица 1. Свойства мезопористой углеродной матрицы.

В процессе пиролиза каменного угля в установке происходит выделение большого количества газа, содержащего органические вещества различного состава (летучие), которые не удаляются из зоны реакции. В результате в зоне реакции создается высокое давление. В сочетании с высокой температурой создаются условия для разложения органики и оседания углерода на активных центрах матрицы. Матрица здесь выступает катализатором реакции роста цепочек микроструктуры, реакций разложения органической составляющей газовой фазы. Эти процессы приводят к увеличению количества мелких пор, от чего углеродная матрица приобретает уникальные свойства и этим отличается от других материалов подобного типа.

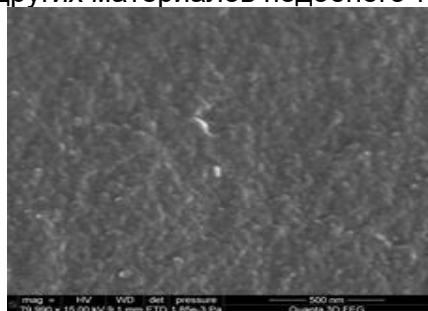


Рис.1. Микроструктура стенки углеродной матрицы. Зарастающая пора.

Для анализа полученных данных и проверки вышеуказанных предположений была разработана математическая модель предполагаемого процесса образования углеродной матрицы (метод Монте-Карло). Моделировалось изменение структуры матрицы под воздействием высокой температуры и давления.

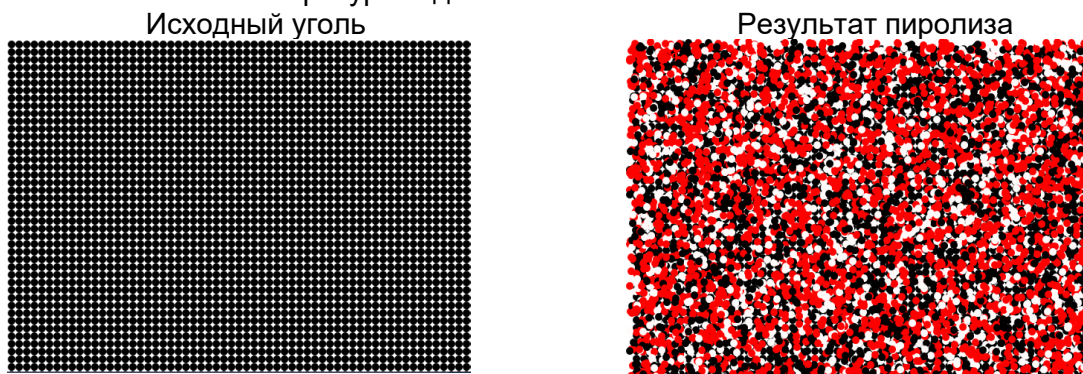


Рис.2. Результаты выполнения программы моделирования процесса пиролиза. Белые – поры, красные вновь осевшие углеродные частицы, черные – исходный уголь.

Из рис.3 видно, что число пор в начале процесса увеличивается. Затем, видимо, наступает равновесие между отрывающимися углеродными частицами под воздействием температуры и осаждением фрагментов С-С содержащихся в газовой фазе. Давление и температуру мы можем менять программно и исследовать процесс пиролиза в различных сочетаниях параметров.

Красная линия на графике, виртуальная потеря массы образца, совпадает с экспериментально установленной на STA 449 Netzsch.

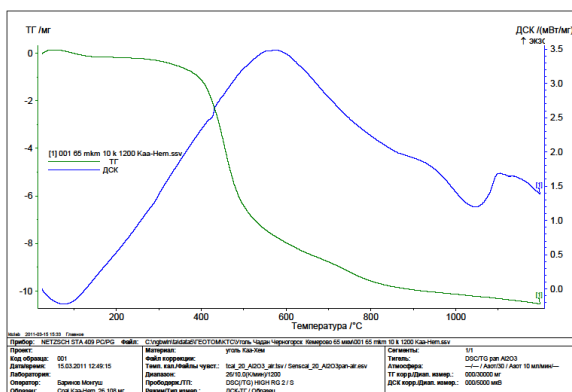


Рис.4. Пример ТГ (зеленая) диаграммы STA Netzsch 449.



Рис.3. График потери массы (красный) и число пор (синий).

Возросший интерес к тувинским углям из-за их высоких качеств, таких как малосернистость, высокое содержание витринита, низкая зольность стимулирует поиск новых инновационных методов использования угля. Уголь - сложнейшее органоминеральное образование, и поэтому обладает разнообразными свойствами. Это предопределяет возможность его использования практически во всех отраслях народного хозяйства - от элементарной бытовой печи до космических аппаратов.

1. Лебедев В.И., Котельников В.И., Рязанова Е.А., Федянин В.Я. Установка непрерывного термолитиза угля: технология и экономика//Приоритетные направления науки и техники, прорывные и критические технологии: "Энергетические, экологические и технологические проблемы экономики": Материалы научно-практической конференции с международным участием 17-20 октября 2007 г. - Барнаул, ОАО "Алтайский дом печати", 2007. - С. 10-12.
2. Котельников В.И., Лебедев В.И., Рязанова Е.А., Соян М.К., Федянин В.Я. Энергохимическая переработка каменных углей Тувы - основа устойчивого развития республики. Ползуновский вестник. №4, 2007. С.50-54
3. М.П.Куликова, В.И. Котельников. Перспективы использования и потенциал каменных углей Улуг-Хемского бассейна. Уголь, № 11.-2011.-С.41-43.
4. Монгуш Г.Р., Котельников В.И. Экологические и экономические аспекты глубокой переработки угля Тувы // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/6106>
5. МИКРООРГАНИЗМЫ В ОБЕССЕРИВАНИИ УГЛЕЙ (ОБЗОР) Котельников В.И., Сарыглар Ч.А., Чысыма Р.Б. Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. № 5. С. 446-451.(WoS, Scopus)
6. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ И ИХ ПЕРЕРАБОТКИ В ТУВЕ Котельников В.И., Куликова М.П., Прудников С.Г. Новые исследования Тувы. 2020. № 2. С. 16.(WoS, Scopus)
7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФАКТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ Крюков Д.Н., Федянин В.Я. В сборнике: МАК: Математики - Алтайскому краю. сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. Главный редактор профессор Н.М. Оскорбин. 2019. С. 201-203.

УГЛЕХИМИЧЕСКИЙ КЛАСТЕР В КУЗБАССЕ: МЕЖДУ НЕФТЬЮ, ГАЗОМ И БУДУЩИМ?

Крюков В.А., Фридман Ю.А., Речко Г.Н., Логинова Е.Ю., Маркова В.М.

***Институт экономики и организации промышленного производства
Сибирского отделения Российской академии наук,
Россия, г. Новосибирск, e-mail: kryukov@ieie.nsc.ru***

The article deals with the creation of the coal chemical industry in the Kemerovo region in the context of solving the problem of restructuring the Kuzbass economy. The authors believe that it is short-sighted to rely on coal chemistry as a driver of the region's long-term development. And as an argument, 10 factors are given that do not allow us to call coal chemistry "the trump card of Kuzbass". In the horizon of 10-15 years, only a complex of science-intensive enterprises for the production of small and medium-sized coal chemical products can appear in the region. The coal power industry is capable of supporting the coal segment of the Kuzbass economy, subject to its mandatory environmental modernization.

На протяжении уже двух десятилетий власти и эксперты продвигают идею организации в Кузбассе углекимиического кластера, в чем видят эффективный инструмент повышения конкурентоспособности экономики региона. В 2010-х гг. это происходило под эгидой монетизации угля, сейчас — его экологизации. Идеология создания такого углекимиического кластера была изложена в 2012 г.: «10 факторов 3А углекимиию для России» [1]. Всё новые аргументы за и против появляются регулярно — обсуждение темы продолжается.

Нашу сегодняшнюю позицию в отношении углекимиического направления развития Кузбасса можно представить также в виде 10 факторов, которые не позволяют назвать углекимиию «козырной картой» региона: (1) у современной России нет государственной стратегии глубокой переработки угля; (2) мировой опыт не может служить серьезным аргументом для инвестиций в организацию производств по глубокой переработке угля в РФ; (3) опыт показывает: как только у страны и бизнеса появляется возможность заменить уголь более эффективным сырьем (в первую очередь природным газом), это стремительно происходит, поскольку производить из газа аналогичные химические продукты дешевле; (4) переход к использованию газомоторного и водородного топлива, развитие электротранспорта понизит спрос на жидкое углеводородное топливо; (5) нельзя рассматривать проблемы использования угля как сырья для производства полимеров вне парадигмы развития газо- и нефтехимиии; (6) в отличие от нефте- и газохимиии российские технологии переработки угля стоят на месте более полувека; (7) наличие запасов угля не является конкурентным преимуществом в производстве крупнотоннажных полимеров; (8) глубокая переработка угля не может рассматриваться ни как гарантия роста его добычи в случае снижения продаж на экспорт, ни как инструмент решения экологических проблем; (9) наличие в Кузбассе конкурентных преимуществ: мировых компетенций, мощной научной базы и системы подготовки кадров — миф; (10) за десять лет в Кузбассе не реализован ни один проект в сфере глубокой переработки угля из числа анонсированных ранее.

Таким образом, в настоящее время ключевой проблемой на пути создания полноценного углекимиического кластера в Кузбассе (и углекимиии в России в целом) является отсутствие интереса бизнеса и государства к данной отрасли. Уголь в качестве сырья проигрывает конкурентную борьбу нефти и газу. С учетом рисков и ограничений, которые сопровождают экономику Кузбасса, делать ставку на углекимиию как основной драйвер ее долгосрочного развития нецелесообразно. Хотя в перспективе 10-15 лет в регионе может быть сформирован комплекс наукоемких

предприятий по выпуску мало- и среднетоннажной углекислотной продукции. Наибольшим потенциалом в качестве базового драйвера развития экономики Кузбасса в ближайшие 20 лет обладает угольная энергетика — однако только при условии обязательной экологической модернизации энергопредприятий, Кемеровской области надо взять «стратегическую паузу» на 10–15 лет, и за это время попытаться получить максимальную отдачу от существующего промышленного ядра, а также создать почву для «органичной посадки» на ее территории новых видов бизнеса.

Доклад подготовлен по плану НИР ИЗОПП СО РАН в рамках проекта «Движущие силы и механизмы развития кооперационных и интеграционных процессов в экономике Сибири».

Литература

1. Исламов Д.В. 10 факторов ЗА углекислотную химию для России. Минэкономразвития России. 2012. 29 мая. URL: <https://www.slideserve.com/chesna/10> (дата обращения 17.03.2021).

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТНОГО ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА ПОРИСТАЯ УГЛЕРОДНАЯ МАТРИЦА – ОКСИД КОБАЛЬТА (II, III)

**Ларичев Т.А.¹, Захаров Ю.А.², Федорова Н.М.¹, Сименюк Г.Ю.²,
Пугачев В.М.¹, Якубик Д.Г.¹, Додонов В.Г.¹**

**¹Кемеровский государственный университет,
Россия, г. Кемерово, e-mail: timlar@kemsu.ru**

**²Федеральный исследовательский центр угля и углекимиия Сибирского
отделения Российской академии наук,
Россия, г. Кемерово, e-mail: galina-simenyuk@yandex.ru**

The deposition of cobalt hydroxides and azides in a presence of porous carbon matrix and thermal treatment on air (300°C) result in the formation of electrode composite material C/Co₃O₄ for supercapacitors. The uniform filler distribution was confirmed by SEM method. The resulting electrode material has a specific capacity one and a half times greater than that of the original porous carbon matrix.

Проведено исследование свойств наноккомползитов, получааемых методом пропитки пористой углеродной матрицы водорастворимыми солями кобальта (II) с последующем образованием малорастворимых азидов, гидроксидов и гидроксокарбонатов. При последующей термообработке на воздухе происходило формирование наноструктурированного композита состава C/Co₃O₄. Экспериментально с использованием методов рентгенфлуоресцентного и спектрохимического анализа показано, что при осаждении азидов и гидроксидов кобальта состав композита практически точно соответствует задаваемому условиям синтеза.

Методами дифференциальной термогравиметрии показано, что терморазложение продуктов взаимодействия ионов Co²⁺ с гидроксид-ионами происходит в интервале температур 170 – 180°C, а продуктов взаимодействия ионов Co²⁺ с азид-ионами – при температуре 210 – 220°C. С использованием адсорбционной порометрии установлено, что при введении наполнителя в пористую углеродную матрицу происходит незначительное снижение площади удельной поверхности, однако пористая структура в области размеров пор 50 – 200 нм сохраняется; в области размеров 400 – 1000 нм наблюдается формирование дополнительных пор, связанных с материалом наполнителя. Методами сканирующей электронной микроскопии исследовано распределение материала наполнителя в составе композита. Показано, что получааемые в результате взаимодействия солей кобальта с гидроксидами и азидами равномерно распределены в объеме углеродного материала. С использованием рентгенофазового анализа удалось установить, что частицы наполнителя образованы исключительно фазой Co₃O₄. Оценка размеров кристаллитов по методу Шерера дает размер частиц порядка 10-15 нм.

Введение наполнителя Co₃O₄ в пористую углеродную матрицу позволило увеличить удельную емкость электродного материала на 50 – 70%, а в области низких скоростей сканирования потенциала – на 100%.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-43-420017/20.

ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УГЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ СКЛОННОСТИ К САМОВОЗГОРАНИЮ

Малинникова О.Н., Палкин А.Б., Докучаева А.И.

**Институт проблем комплексного освоения недр им. академика
Н.В. Мельникова РАН, Россия, г. Москва, e-mail: ana-anastasia2015@yandex.ru**

New studies of the experimental determination of the propensity of coals to spontaneous combustion are presented for the possible refinement of the forecast of the occurrence of coal fires.

Самовозгорание угля может произойти при ведении добычных работ, при транспортировке угля или его хранении. Отработка пластов, склонных к самовозгоранию, создает опасность шахтных пожаров [1]. Самовозгорание углепородных отвалов сопровождается выбросами парниковых газов [2], а горение угля при хранении ухудшает качество ценного продукта. В настоящее время у исследователей нет единого мнения о причинах и механизме самовозгорания угля, хотя этот процесс представляет важную проблему для всех стран, занимающихся угледобычей.

Термогравиметрический метод (ТГ) широко применяется при изучении характеристик угля, в том числе склонности к самонагреванию и самовозгоранию [3]. Однако на результат влияет множество вводных параметров, которые до сих пор достоверно не определены.

Исследовались образцы каменного угля, склонного и не склонного к самовозгоранию и древесного угля, в том числе обработанные агентом, ускоряющим самонагревание (льняным маслом), поскольку вероятной причиной развития процесса самовозгорания в угольном веществе полагалось наличие или образование в течение инкубационного периода самонагревания химических компонент, способных к интенсивным экзотермическим реакциям, главным образом, к окислению.

Работа проводилась на термогравиметрическом анализаторе Leco TGA-701 при температурах, недостаточных для термомеханической деструкции угля, но повышающих его химическую активность.

Исследования каменных углей показали, что при температурах 140 – 160 °С угли, склонные к самовозгоранию демонстрируют большую химическую активность, чем не склонные, а ранее выполненные исследования показали, что наиболее активное окисление склонных к самовозгоранию углей происходит в интервале 200 – 250 °С с увеличением массы за счет сорбции кислорода. Образцы древесного угля в диапазоне температур 80 – 130 °С, обработанные льняным маслом, показали более активное поглощение кислорода, чем необработанные, начинающееся при более низких температурах.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00824_a

Литература

1. Портола В.А., Овчинников А.Е., Син С.А., Игишев В.Г. Анализ аварийности и пожароопасности угольных шахт // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2018. № 4. С. 36-42.
2. Алиев С.Б., Захаров В.Н., Кенжин Б.М., Смирнов Ю.М. Энергетическая модель самовозгорания углепородных отвалов // Уголь. 2018. № 12. С. 86-91.
3. Mohalik N.K., Lester E., Lowndes I.S. Review of experimental methods to determine spontaneous combustion susceptibility of coal – Indian context // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2017. V. 31. № 5. P. 301–332.

КОРРЕЛЯЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ВИТРИНИТОВ С ПАРАМЕТРАМИ ИК – СПЕКТРОСКОПИИ

Малышева В.Ю., Федорова Н.И.

**Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной химии Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово, e-mail:
v23091@mail.ru**

In this work, we studied the thermal-oxidative stability of macerals under dynamic conditions by thermogravimetry in air at a heating rate of 10 ° / min and its correlation with the structural parameters calculated on the basis of the data of the IR spectroscopy method.

Термическая стойкость органического вещества твердых горючих ископаемых зависит от наличия развитой системы полисопряжения и способности к её формированию при нагреве, степени сшивки структуры макромолекул, плотности их упаковки, а также алифатических мостиков и насыщенных циклов. В Таблице представлены результаты окислительной деструкции витринитов ряда метаморфизма.

Таблица 1. Результаты ТГ анализа витринитов в ряду метаморфизма в окислительной среде

Образец витринита	Температурные границы основного разложения, °С				Потеря массы в интервале температур основного разложения	V _{max} %/мин
	T ₁	T _{max}	T ₂	Δt = T ₂ -T ₁		
1	379	490	599	220	84.6	4.12
2	391	493	609	218	84.3	4.16
3	401	497	623	222	89.9	4.17
4	404	499	633	229	89.6	4.07
5	410	503	645	235	89,0	4.16

Видно, что в ряду метаморфизма наблюдается увеличение температур начала окислительного превращения со сдвигом в область более высоких температур. Это может быть связано с увеличением степени ароматичности при росте стадии метаморфизма угольных образцов.

Рассчитанные структурные параметры на основании ИК спектроскопии выявили корреляцию с параметрами термоокислительной деструкции витринитов. На рис.1 представлены корреляции степени ароматичности и температур термоокислительной деструкции витринитов.

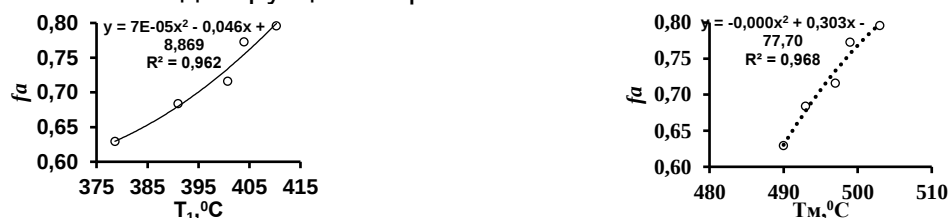


Рис. 1 Корреляция степени ароматичности от температур термоокислительной деструкции
Таким образом, с ростом степени ароматичности температуры окислительной деструкции увеличиваются в ряду метаморфизма.

Литература

1. Федорова Н.И., Хицова Л.М., Малышева В.Ю., Исмагилов З.Р. // Химия в интересах устойчивого развития. 2017. Т.25. №3. С.321-326.

УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗРЫВА ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Манжос Е.В., Коржавин А.А., Намятов И.Г., Козлов Я.В.

***Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Новосибирск***

An installation has been created for determining the indicators of the explosion of dust-air mixtures in accordance with GOST 12.1.044-89 "Fire hazard of substances and materials". The installation was tested in accordance with the same document and its suitability was confirmed. Particular attention is paid to the ignition system. An analysis of various methods of ignition of a dust-air mixture is carried out, it is shown that the geometric parameters of the spiral specified in GOST are optimal. The dynamics of heating and cooling of the ignition spiral is described. The time parameters for turning on the airspraying and turning off the heating of the spiral are determined.

Безусловно важными являются вопросы обеспечения безопасности на производствах с наличием взрывоопасной пыли. Одним из производственных процессов, связанным с образованием взрывоопасной пыли и газовых смесей, является добыча угля [1, 2].

В ИХКГ СО РАН создана установка для определения показателей взрыва пылевоздушных смесей в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаро-опасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». Установка позволяет определять нижний концентрационный предел распространения пламени, минимальную флегматизирующую концентрацию флегматизатора, минимальное взрывоопасное содержание кислорода, а также максимальное давление взрыва – наибольшее избыточное давление, возникающее при дефлаграционном сгорании газо- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

В процессе создания установки проведены расчеты элементов конструкции, в том числе прочностные расчеты ресивера и реакционного сосуда. Установка работает под управлением созданной компьютерной программы. Результаты измерений текущего давления взрыва сохраняются в цифровом виде для последующей обработки. Проведены испытания созданной установки и показана ее пригодность.

Особое внимание уделено системе зажигания. Проведены экспериментальные исследования материала и конструктивных параметров спирали нагрева, подобраны их оптимальные значения. Проведен анализ некоторых способов зажигания пылевоздушной смеси и показано, что указанные в нормативно-техническом документе геометрические параметры спирали нагрева являются оптимальными. Экспериментально, с помощью термопар измерена динамика процессов нагрева и охлаждения различных элементов спирали. Дано теоретическое описание, удовлетворительно описывающее измеренные значения. Обоснованы время открытия перепускного клапана, определяющее время начала распыления, и время отключения спирали нагрева.

Литература

1. Портола В.А., Овчинников А.Е., Син С.А., Игишев В.Г. Анализ аварийности и пожароопасности угольных шахт. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2018. №4. С. 36-42.

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ И ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ

Мансуров З.А.^{1,2}, Смагулова Г.Т.^{1,2}, Кайдар Б.Б.^{1,2}

**¹РГП на ПХВ Институт проблем горения КН МОН РК,
Казахстан, г. Алматы**

**²Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы
e-mail: zmansurov@kaznu.kz**

Уголь является одним из важных представителей ископаемого сырья и не теряет своей ценности на протяжении многих лет. Уголь широко используется в качестве теплотворного агента и при выработке электроэнергии, а также является исходным материалом в процессах получения ряда ценных продуктов. Например, в процессе коксования угля выделяются коксовый газ, каменноугольная смола, смесь ароматики и надсмольная вода. Каменноугольная смола представляет собой сложную смесь углеводородов ароматического ряда, гетероциклических серо-, кислород- и азотсодержащих соединений. Природные битумы наряду с тяжелыми нефтями являются нетрадиционным источником углеводородного сырья. Добыча и переработка природных битумов осложнены их высокой вязкостью и повышенным содержанием в составе смолисто-асфальтеновых компонентов. Большое внимание уделено извлечению природных битумов методами экстракции, термического, ультразвукового воздействия и в сверхкритической флюидной среде. Преобладание тяжелых нефтяных фракций позволяет использовать нефтебитуминозные породы для приготовления асфальтобетонных смесей. Углеродные волокна могут быть определены как волокна, состоящие из атомов углерода на 92 % и более. Благодаря своим уникальным физико-химическим и механическим свойствам углеродные волокна и композиты на их основе занимают особое место среди углеродных материалов. На сегодняшний день углеродные волокна получают из различных прекурсоров, таких как: нефтяные, каменноугольные и мезофазные пеки; полимеры (ПАН – полиакрилонитрил и ПЭТ – полиэтилен); а также имеются предпосылки по получению углеродных волокон из отходов растительного сырья – лигнина. Согласно статистическим данным, самым распространенным прекурсором для получения углеродных волокон является ПАН. В данной работе представлен способ получения углеродных волокон на основе пеков, полученных из каменноугольной смолы и нефтебитуминозных пород.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта AP09259842.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТУВИНСКИХ УГЛЕЙ

Монгуш Г.Р.¹, Чульдун К.К.¹, Жуйков А.В.²

**¹ФГБУН Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов
СО РАН, Россия, Республика Тува, г. Кызыл, e-mail: mongush983@mail.ru**

²Сибирский Федеральный университет, Россия, г. Красноярск

Studies of Tuvan coals in the field of beneficiation and applicability for energy purposes are very insufficient and need to be studied. In this work, the reactivity during thermal oxidative destruction of Tuvan coal was considered. In the course of the analysis, the weight loss of the samples was determined in the temperature ranges, as well as the temperature ranges for the release of gas components. Coal 1 GZh from the Kaa-Khem deposit showed the highest reactivity.

Добываемый в регионе уголь направляется в топливно-энергетический комплекс и коммунально-бытовой сектор без обогащения. Основным поставщиком является Каа-Хемский разрез, который принадлежит Тувинской горнорудной компании. Для снижения загазованности в городе Кызыле, нужны более экологически чистые топлива. Исследования тувинских углей в области обогащения и применимости в энергетических целях весьма не достаточны и нуждаются в изучении.

Цель данной работы - исследование реакционной способности при термоокислительной деструкции тувинских каменных углей [1], выявить закономерности выхода из них газовых составляющих, а также сделать вывод по их применению в энергетических целях.

В качестве объектов исследования использовали товарные пробы марок углей из месторождений Республики Тыва: 1 ГЖ из Каа-Хемского месторождения, Ж из Межегейского месторождения, Ж из Элегестского месторождения. Технические характеристики исходных углей подвергались стандартным методам анализа. Термический анализ проводили на термоанализаторе SDT Q600 в среде воздуха с одновременной регистрацией газовых составляющих продуктов термического окисления образцов в ИК-Фурье спектрометре Nicolet 380. В ходе анализа регистрировались потери массы образцов в интервалах температур, а также интервалы температур выделения газовых составляющих [2,3].

Установлено, что природа каменных углей оказывает существенное влияние на реакционную способность при термическом окислении. Образец угля 1 ГЖ (Каа-Хем) показал высокие реакционные способности (снижение конечной температуры выгорания и сужению температурного интервала горения). Данный уголь рекомендуется сжигать в печах малыми партиями, чтобы выделяющиеся горючие газовые составляющие успевали сгорать полностью. Угли Ж (Межегей), Ж (Элегест) относительно менее реакционноспособные.

Литература

1. Юсупов Т.С., Шумская Л.Г., Бурдуков А.П. Логвиненко В.А. Реакционная способность углей различных стадий метаморфизма в процессах термоокислительной деструкции. // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. №4 Т-19.С 427-432
2. Niu, S.L., Lu, C.M., Han K.H., Zhao J.L. Thermogravimetric analysis of combustion characteristics and kinetic parameters of pulverized coals in oxy-fuel atmosphere. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. (2009) 98:267–274. DOI 10.1007/s10973-009-0133-1
3. Zhao, R., Qin, J., Chen, T., Wu, J. TG-FTIR study on co-combustion of bituminous coal semicoke and lignite. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10973-020-10405-7>.

КАМЕННЫЕ УГЛИ КУЗБАССА - НАДЕЖНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВНЫХ УГЛЕЙ, ВОСТРЕБОВАННЫХ В ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Мухин В.М., Королев Н.В.

ООО «Активные угли», Россия, г. Новокузнецк, e-mail: ma.shin@topprom.su

A new approach to the evaluation of the adsorption properties of activated carbons (AC) is justified. The advantages of AU obtained on the basis of hard coals of the Kuznetsk basin are shown.

В силу своих физико-химических свойств углеродные адсорбенты (активные угли) являются уникальными и идеальными сорбционными материалами, которые позволяют решать большой круг вопросов обеспечения экологической безопасности человека, окружающей среды и инфраструктуры [1].

В настоящее время производство АУ в мире характеризуется устойчивым ростом 5 % в год и составляет почти 1,5 млн. т/год. Каменные угли являются наиболее значимым ресурсным сырьем для производства АУ. В отличие от других сырьевых источников, таких, как торф, древесина, лигнин, отходы растениеводства, каменные угли обладают исходной высокой насыпной плотностью, что предопределяет получение конечного продукта – активного угля - с высокой насыпной плотностью.

В 1976 г. академик М.М. Дубинин обосновал, что для обеспечения высокой адсорбционной емкости активного угля, работающего в замкнутом объеме (фильтры, адсорбера и т.д.), важна величина развития объема микропор на единицу объема ($\text{см}^3/\text{см}^3$), а не на единицу веса ($\text{см}^3/\text{г}$). Из этого следует, что для обеспечения высокой адсорбционной способности, а, следовательно, и высокого ресурса работы (фильтра, адсорбера и т.д.) надо стремиться к получению АУ с высокой насыпной плотностью [2]. Кузнецкий бассейн обладает самым широким гаммой каменноугольного сырья с высокой исходной насыпной плотностью для изготовления АУ.

Нами разработаны технологии получения АУ с высокой насыпной плотностью на основе антрацита Горловского месторождения методом прямой парогазовой активации, а также на основе угле-пековой композиции каменного угля марки Ж и каменноугольного полукокса также методом парогазовой активации. В таблице приведены показатели качества новых отечественных АУ марки ДАС и марки УПК в сравнении с лучшими марками отечественного (АГ-3) и импортного (GCN 830).

Показатель	Марка АУ			
	АГ-3 на основе угольно-смоляной композиции	GCN 830 на основе кокоса	ДАС на основе антрацита	УПК на основе угле-пековой композиции
1 Насыпная плотность, $\text{г}/\text{дм}^3$	450	550	800	790
2 Объем микропор, - $\text{см}^3/\text{г}$ - $\text{см}^3/\text{см}^3$	0,20 0,09	0,34 0,19	0,22 0,18	0,21 0,17
3 Адсорбционная активность по йоду, - $\text{мг}/\text{г}$ - $\text{мг}/\text{см}^3$	650 292	800 440	600 480	570 450
4 Прочность при истирании, %	75	92	85	78

Как видно из данных таблицы, адсорбционные свойства по развитию объема микропор и тестовому веществу йоду у АУ с высокой насыпной плотностью существенно выше, чем у отечественного аналога и находится на уровне зарубежного аналога.

Испытания новых российских АУ в очистке питьевой воды показало, что ресурс работы адсорбционных колонн увеличился в 3 раза по сравнению с АГ-3.

Литература

1. Мухин В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов / В.М. Мухин, В.Н. Клушин. Берлин: LARLAMBERT Academia Publishing, 2018. 352 с.
2. Дубинин М.М. Научные основы путей развития производства активных углей / М.М. Дубинин. М.: ИФХ РАН, 1976. 45 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ НАГРУЗОК НА ПАРОГЕНЕРАТОРЫ В ОТДЕЛЕНИИ ГАЗИФИКАЦИИ БУРОГО УГЛЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА

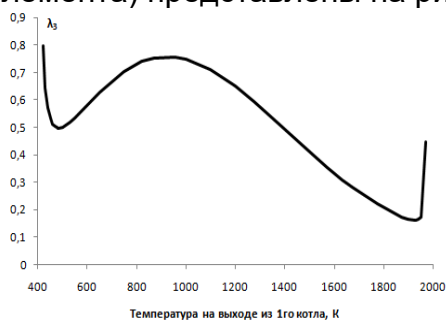
Налетов В. А., Глебов М. Б., Налетов А. Ю.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Россия, г. Москва, e-mail: jacen23@yandex.ru*

The results of optimal load distribution between steam generators for lignite gasification are presented. The information approach was used for analysis.

В основу оптимальной организации сложных технологических объектов положены постулаты информационного подхода, позволяющие сформулировать задачу оптимизации систем при их элементном усложнении. Особенностью оптимизационной задачи является использование в качестве критериев усложнения «стоимости» единицы информации промежуточных потоков и потоков продукта по аналогии со стоимостью единицы эксергии в эксергоэкономике, которую требуется минимизировать. Критерии позволяют оценить организованность проектируемой или модернизируемой системы на основе логики «от начала к концу», то есть начиная с выбора первого элемента и так далее в алгоритме без обратных связей, поскольку согласование элементов в системе заложено непосредственно в критерии [1].

В качестве объекта исследования была выбрана подсистема, включающая газогенератор, реализующий процесс пылеугольной газификации, и два парогенератора. Было принято, что газификация проводится при давлении, близком к атмосферному. Результаты оптимизации по критерию 3-го уровня λ_3 (три элемента) представлены на рис.



Изменение критерия усложнения
при перераспределении нагрузок
между парогенераторами

Как показали результаты расчеты критерия усложнения подсистемы [2], оптимальным техническим решением (минимальное значение) является существенное снижение нагрузки на первый парогенератор, функции которого может выполнять водяная рубашка, и перенесение основной нагрузки на выносной парогенератор. При этом в рубашке производится пар низких параметров для процесса газификации бурого угля, а в выносном парогенераторе

производится силовой пар высоких параметров (до 10 МПа), используемый в турбине для генерации энергии, необходимой в отделении синтеза продуктов.

Литература

1. Naletov V.A., Kolesnikov V.A., Glebov M.B., Naletov A.Y., Glebov V.B. Technology for processing natural energy resources based on the concept of optimal chemical engineering system organization // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2017. V. 51. No. 2, pp. 142-150.
2. Naletov V.A., Glebov M.B., Naletov A.Yu. Information Approach for Optimizing the Load Distribution during Steam Generation in Lignite Gasification // *Coke and Chemistry*. 2016. V. 59. No. 10. pp. 396-398.

КОРРЕЛЯЦИЯ ПОРОГА ЛАЗЕРНОГО ЗАЖИГАНИЯ УГЛЕЙ СО СТЕПЕНЬЮ АРОМАТИЧНОСТИ В РЯДУ МЕТАМОРФИЗМА

Нелюбина Н.В.¹, Крафт Я.В.¹, Лырщиков С.Ю.¹, Исмагилов З.Р.^{1,2}

¹Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной химии Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово

²Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Россия, г. Новосибирск
e-mail: irlab@mail.ru

The coals of the Kuznetsk coal basin were studied by ^{13}C NMR spectroscopy. Quantitative data were obtained on the distribution of carbon over the structural fragments of coals. The patterns between the ignition threshold of the coal particles and the degree of their aromaticity were revealed.

Нарастающие экологические проблемы требуют перехода к технологиям сжигания топлив с пониженным выбросом загрязняющих веществ в атмосферу. Для разработки подобных технологий необходимо проведение фундаментальных исследований, направленных на изучение корреляционных связей физико-химических свойств углей с процессами, протекающими при их заживании.

В работе методом ^{13}C ЯМР-спектроскопии изучены угли Кузнецкого угольного бассейна марок Б, Д, ДГ, Г, Ж, К, Т, ОС, СС и А. Показано, что с увеличением степени метаморфизма углей возрастает степень их ароматичности с одновременным уменьшением сигнала от алифатических углеродных фрагментов и различных функциональных групп.

Ранее для исследованных углей обнаружены три последовательные стадии заживания с характерными энергетическими порогами. Первая стадия соответствует заживанию реакционно-активных микровыступов на поверхности частиц угля. На второй стадии осуществляется разрыв алифатических цепочек в макромолекуле угля, что может приводить к образованию и сгоранию смолы и летучих веществ, а также к формированию коксового остатка. Третья стадия заживания, по-видимому, обуславливается заживанием и горением коксового остатка. На рисунке 1 приведена корреляционная зависимость третьего энергетического порога заживания ($H_{cr}^{(3)}$) от степени ароматичности углей (f_a).

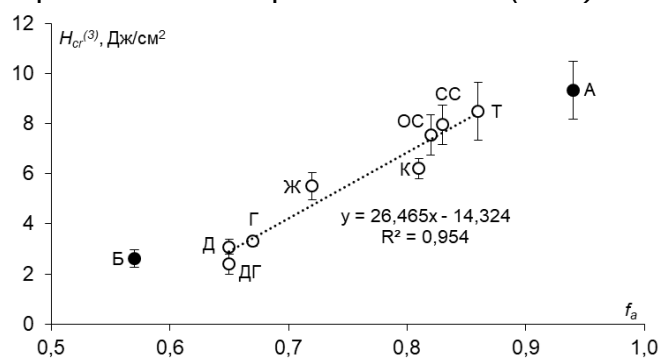


Рис. 1. Зависимость третьего порога заживания $H_{cr}^{(3)}$ частиц углей от степени ароматичности f_a

1. Установлено, что с увеличением степени метаморфизма углей возрастает интенсивность ароматического углерода, а алифатического углерода, наоборот, уменьшается.

2. Энергетический порог заживания частиц каменных углей линейно возрастает с увеличением степени их ароматичности.

Работа выполнена в рамках гос. задания ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН (проект АААА-А17-117041910150-2) и при финансовой поддержке РФФИ Кузбасс в рамках научного проекта № 20-43-420019 р_а (подготовка, анализ и микроскопия образцов) на оборудовании ЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТНОСТИ УГЛЕРОДНОГО КАРКАСА ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА В ИНЕРТНОЙ СРЕДЕ НИЗКОМЕТАМОРФИЗОВАННЫХ УГЛЕЙ

Никитин А.П.¹, Исмагилов З.Р.^{1,2}

¹*Федеральный исследовательский центр угля и углекимиия Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово*

²*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Россия, г. Новосибирск
e-mail: NikitinAndreyP@yandex.ru*

The paper presents an analysis of the Raman spectra of coals with a low degree of metamorphism and their pyrolysis products in an inert medium. The main numerical characteristics that allow us to make assumptions about the changes in the carbon frame of natural coals during temperature treatment are noted.

Метод КР-спектроскопии является неразрушающим методом анализа, позволяющим изучать колебательную структуру природных твердых топлив и продуктов их переработки.

В работе исследована дефектность углеродного каркаса низкометаморфизованных углей марок Д, ДГ, Г и продуктов их пиролиза в инертной атмосфере. КР-спектры регистрировались спектрометром Renishaw Invia Basis с длиной волны возбуждения 514.5 нм, мощность лазерного излучения, попадающая на образец не превышала 0.2 мВт, время экспозиции – 120 с.

Основные числовые характеристики, полученные при анализе КР-спектров углеродных материалов позволяют оценить степень дефектности углеродного каркаса углей и продуктов их пиролиза.

В работе приведено сравнение различных моделей обработки КР-спектров, используемых в настоящее время в литературе. Один из возможных способов описания колебательной структуры угля и продукта его пиролиза приведен на рисунке 1.

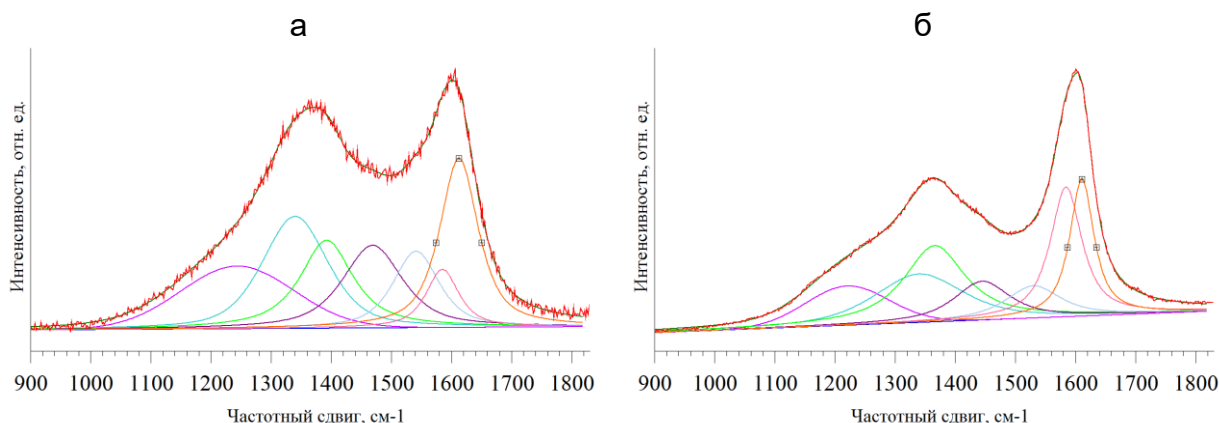


Рисунок 1. Пример разложения КР-спектров угля марки ДГ (а) и продукта его пиролиза (б) на составляющие колебания.

В докладе будет представлен подробный анализ спектральных полос.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания ИУХМ ФИЦ
УУХ СО РАН (проект 121031500512-7).*

СОСТАВ ГАЗОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ГОРЕНИИ ОРГАНОВОДОУГОЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Няшина Г.С.¹, Стрижак П.А.¹, Дорохов В.В.¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, e-mail: gsn1@tpu.ru

This work presents findings of experimental research into the component composition of gases from the combustion of a set of high-potential coal-water slurries. The concentrations of sulfur and nitrogen oxides were measured.

Основными газовыми загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу при сжигании углей, являются NO_x , SO_x , CO_2 . Такие загрязнения негативно влияют на состояние биосферы, здоровье людей и климат. В связи с этим интенсивно проводятся исследования, направленные на снижение антропогенного воздействия на окружающую среду угольной энергетики. Создание смесевых топлив на основе не востребуемых или побочных, но энергетически пригодных компонентов, позволяет не только снизить стоимость производимой энергии и расширить топливную базу, но и уменьшить антропогенные выбросы.

Установлено, что сжигание угля характеризовалось наивысшими выбросами оксидов азота. Средние значения концентраций NO_x для угля выше в 1.4-2.6 раза по сравнению с суспензионными топливами. Добавка биомассы позволила снизить выбросы оксидов азота на 7-30% в сравнении с традиционной водоугольной суспензией и композицией с примесью отработанного турбинного масла. Замена даже небольшой доли угольного компонента биомассой снижает азотосодержание смеси. Также высокое содержание летучих веществ в биомассе способствует увеличению выхода газа, поддерживаемое более высокой концентрацией CO и углеводорода, что влияет на процесс восстановления NO_x в направлении образования N_2 : $\text{NO} + \text{CO} \rightarrow 1/2\text{N}_2 + \text{CO}_2$ ($t > 850^\circ\text{C}$).

При горении угля концентрации SO_2 в 1.9-3.1 раза выше, чем у суспензий. Дополнительное снижение выбросов SO_2 достигалось за счет использования биомассы в составе. Небольшая добавка (5%) растительного компонента обеспечивала снижение SO_2 на 5–33% относительно суспензий без них. Это обусловлено протеканием химического взаимодействия окислов серы с соединениями активных металлов (Me : $\text{Ca}, \text{Mg}, \text{K}, \text{Na}$), которые присутствуют в большом количестве в биомассе: $\text{MeO} + \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{MeSO}_4$;

$\text{MeCO}_3 + \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{MeSO}_4 + \text{CO}_2$.

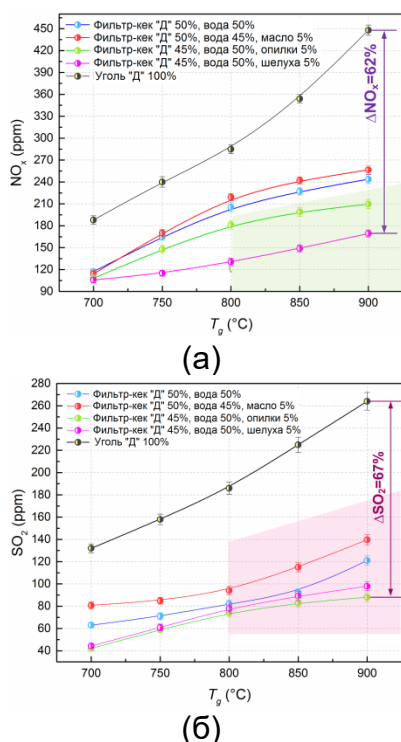


Рис.1. Концентрации оксидов серы (а) и азота (б)

Исследования выполнены при поддержке гранта Минобрнауки России, Соглашение № 075-15-2020-806 (Контракт № 13.1902.21.0014).

КАРБОНИЗОВАННЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ШУНГИТОВЫХ ПОРОД ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Онгарбаев Е.К.^{1,2}, Байгулбаева М.М.^{1,2}

**¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: Erdos.Ongarbaev@kaznu.kz**

²РГП «Институт проблем горения», Казахстан, г. Алматы

Carbon materials were obtained by carbonization of mixtures of shungite from the Koksu deposit and rice husks in an inert environment at a temperature of 600 °C. The obtained products were tested for the sorption of oil from the Karazhanbas field in model soil samples.

При добыче, сборе, транспорте, хранении и подготовке нефти происходят разливы, что является актуальной экологической проблемой. Одним из эффективных способов очистки почв от нефти и нефтепродуктов являются сорбционные методы.

Природный минерал - шунгит является хорошим сорбционным материалом, что позволяет использовать его для очистки воды от нефти, солей тяжелых металлов. Целью данной работы является разработка сорбентов на основе шунгитовых пород для очистки загрязненных нефтью почв.

Объектами исследования в работе служили образцы шунгита месторождения Коксу сланцевого происхождения. Для улучшения сорбционных показателей образцы шунгита в смеси с рисовой шелухой подвергались процессу карбонизации. Соотношение шунгита и рисовой шелухи составило 1:1,7; 1:4; 6:1. Процесс карбонизации проводился при температуре 600 °C в инертной атмосфере в среде аргона в течение 1 часа.

Удельная поверхность исходного шунгита низкая и составляет 20,4 м²/г. Карбонизация привела к увеличению удельной поверхности при соотношении шунгита и рисовой шелухи 6:1 в 3 раза до 54,21 м²/г, при соотношении 1:1,7 – до 148,25 м²/г, при соотношении 1:4 – до 133,41 м²/г.

Образцы после карбонизации были испытаны для определения сорбционной емкости по отношению к нефти в составе почвы с нефтезагрязненностью 10 %. Результаты сорбции нефти месторождения Каражанбас показали, что сорбенты показывают максимальные значения сорбционной емкости после 10 суток испытаний. В случае использования исходного шунгита сорбционная емкость оказалась низкой и составила 0,25-0,3 г/г. Продукт карбонизации смеси шунгита и рисовой шелухи в соотношении 1:1,7 в качестве сорбента показал максимальную сорбционную емкость, равной 1,86 г/г.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК по грантовому проекту AP08856559 «Разработка сорбентов на основе шунгитовых пород для очистки нефтезагрязненных почв».

ИЗУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ПЛЕНОК ОКСИДА ГРАФЕНА МЕТОДОМ ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ

Панина Л.В., Ефимова О.С., Лырщиков С.Ю., Исмагилов З.Р.

**Федеральный исследовательский центр угля и углеродной химии Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово**

The structural changes of graphene oxide over time, obtained by the modified Hammers method from the results of solid-state NMR spectroscopy, are shown.

Было опубликовано несколько публикаций, в которых сообщается, что молекулярная структура оксид графена (ОГ) изменяется с течением времени при хранении в сухом состоянии или в суспензии [1,2]. В исследовании [3] сообщается, что процесс старения, приводящий к структурным изменениям ОГ связан с потерей реакционноспособных эпоксидных групп. Такая нестабильность ОГ затрудняет качественную идентификацию функциональных групп. Чтобы получить информацию о химической функционализации ОГ мы использовали твердотельную ^{13}C ЯМР спектроскопию высокого разрешения, которая выполнялась на приборе Bruker Avance III (300 WB). Для получения количественных данных проводилось моделирование на экспериментально полученных спектрах при помощи программы Dmfit (табл. 1). Образец ОГ был получен по модифицированному методу Хаммерса [4]. На ЯМР-спектре ОГ видно, как меняется с течением времени содержание функциональных групп.

Таблица 1

Процентное распределение функциональных групп ОГ, по данным ЯМР-спектроскопии.

Образец	Содержание пика, отн. %					
	1	2	3	4	5	6
	C-O-C	ОН	C=C-O	sp^2	COOH	C=O
ОГ	21.5	48.3	2.3	18.5	1.8	7.6
ОГ, спустя год	13.6	54.6	2.8	18.0	2.3	8.8

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИУХМ ФИЦ УУХ
СО РАН (проект 121031500512-7).

Литература

1. Chua CK, Pumera M. Light and atmosphere affect the Quasi-equilibrium states of graphite oxide and graphene oxide powders. *Small*. 2015;11(11):1266–1272.
2. Pendolino F, Parisini E, Lo Russo S. Time-Dependent Structure and Solubilization Kinetics of Graphene Oxide in Methanol and Water Dispersions. *J Phys Chem C*. 2014;118(48):28162–28169.
3. Kim S, Zhou S, Hu YK, Acik M, Chabal YJ, Berger C, et al. Room-temperature metastability of multilayer graphene oxide films. *Nature Materials*. 2012;11(6):544–549.
4. Илькевич, Л.В. Получение оксида графена из терморасширенного графита и изучение его физико-химических свойств / Л.В. Илькевич, Т.Б. Ткаченко, А.В. Самаров, А.А. Бурцев, С.А. Созинов, Л.М. Хицова, А.Н. Попова, Ч.Н. Барнаков, А.П. Козлов // Известия Академии наук. Серия химическая. - 2018. - № 6. - С. 986-990.

СВЯЗЬ КОЛИЧЕСТВА ПАРАМАГНИТНЫХ ЦЕНТРОВ В УГЛЕ СО СКЛОННОСТЬЮ ПЛАСТОВ К ОПАСНЫМ ЯВЛЕНИЯМ

Пашичев Б.Н.¹, Ульянова Е.В.¹, Ульянов А.Н.², Малинникова О.Н.¹

**¹Институт проблем комплексного освоения недр им. академика
Н.В. Мельникова РАН, Россия, г. Москва, e-mail: borisnik-pa@yandex.ru**
**²Химический факультет, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Россия, г. Москва**

It is shown that the number of paramagnetic centers in coals can serve as a measure of the degree of their destruction under dangerous gas-dynamic phenomena.

Одним из информативных методов для исследования свойств и структуры угля является метод ЭПР. В сигнал ЭПР поглощения вносят вклад два типа парамагнитных центров (ПМЦ): слабое обменное взаимодействие неспаренных электронов сопряженных систем и неспаренные электроны, локализованные в участках разрыва связей или ненасыщенные химические связи с образованием свободной валентности. Поэтому спектры ЭПР каменных углей состоят, как минимум, из двух линий: узкой от систем сопряжения (S_2) и широкой (S_1), представленной разорванными и деформированными эфирными и метиленовыми мостиковыми межатомами связями алифатической части угля, от ПМЦ свободно-радикального типа [1-3]. Основные параметры спектров ЭПР¹ – интегральная интенсивность S , ширина резонансной линии ΔH . Интегральная интенсивность линии (S) определяется площадью под кривой поглощения и пропорциональна числу ПМЦ в образце. ЭПР исследования проведены на образцах угля из выброса и из невыбросоопасной зоны. По полученным значениям интегральных интенсивностей поглощения были рассчитаны количества ПМЦ для широкой (N_1) и узкой (N_2) линий ЭПР спектров.

№ образца	N_1 (10^{18} (спин/г))	N_2 (10^{18} (спин/г))	N_{1+2} (10^{18} (спин/г))
1	8,6	5,2	13,9
2	10,3	5,5	15,9
3	9,4	6,3	15,7
4	12,1	6,1	18,2

Результаты показали, что образцы из невыбросоопасной зоны (проба №1) имеют минимальное значение ПМЦ (графа N_{1+2}), а образцы №№ 2,3,4, отобранные из выброса, имеют разную степень нарушенности, причем наиболее нарушенным является уголь № 4, содержащий наибольшее количество ПМЦ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00824_а.

Литература

1. Фролков Г.Д., Свеколкин Н.В. и др. Структурно- химические особенности органической массы углей из зон опасных по внезапным выбросам угля и газа // ХТТ. – 1988. – № 1. – С. 3 – 5.
2. Jiaxun Liu, Xiumin Jiang, Jun Shen, Hai Zhang. Chemical properties of superfine pulverized coal particles. Part 1. Electron paramagnetic resonance analysis of free radical characteristics // Advanced Powder Technology. – 2014. – V. 25. – P. 916–925.
3. Ульянова Е.В., Малинникова О.Н. и др. Газоопасность и структура ископаемых углей донецкого бассейна // ФТПРПИ. – 2017. – № 4. – С. 60 – 68.

¹ Исследования ЭПР были проведены на спектрометре BRUKER EMX 6/1 с использованием экспериментальной базы ЦКП “Нанохимия и наноматериалы” МГУ в рамках Программы развития МГУ имени М.В. Ломоносова

ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЭКОЛОГИЮ РЕГИОНА ЧЕРЕЗ РЕАЛИЗАЦИЮ КНТП «ЧИСТЫЙ УГОЛЬ – ЗЕЛЕНый КУЗБАСС»

Ганиева И.А.¹, Петрик Н.А.²

**¹Министерство науки и высшего образования Кузбасса,
Россия, г. Кемерово, e-mail: notes@notes42.ru**

**²АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»,
Россия, г. Кемерово, e-mail: notes@notes42.ru**

Complex tasks that ensure a high level of ecology of coal mining, coal processing and elimination of the consequences of the impact of the coal industry on the environment, reducing the risks of occupational diseases.

Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья, при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» имеет краткое название КНТП «Чистый уголь – зеленый Кузбасс».

Цель КНТП «Чистый уголь – зеленый Кузбасс» – создание комплекса технологий, повышающих эффективность угледобычи и переработки, обеспечивающих высокий уровень промышленной безопасности и экологии, снижающих риски профессиональных заболеваний, а так же формирование эффективной системы управления синхронизацией процессов исследований, инноваций, производства и вывода на рынок на основе партнерства научных организаций и бизнеса, тесной кооперации и коллаборации проектов, входящих в НОЦ.

КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» сформирована из 23 проектов, которые разделены на 3 блока по направлению решений комплексных задач. Комплексные задачи, обеспечивающие высокий уровень экологии угледобычи, углепереработки и ликвидации последствий влияния угольной промышленности на окружающую среду, снижающие риски профессиональных заболеваний, включают следующие задачи:

- разработка биологических технологий рекультивации нарушенных земель;
- разработка технологии очистки шахтных и карьерных вод;
- разработка технологий управления профессиональными рисками в угольной промышленности с учетом российского опыта и современных концепций Всемирной организации здравоохранения, Международной организации труда и директив Европейского союза.

Планируемый источник бюджетного финансирования – средства государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» на 2018-2025 годы, основное мероприятие 4.1 «Обеспечение реализации комплексных программ поддержки прикладных научных исследований и технологического трансфера». Внебюджетные источники представлены инвестициями в мероприятия комплексной программы со стороны заказчиков КНТП «Чистый уголь – зеленый Кузбасс».

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕАГЕНТНОГО РЕЖИМА ФЛОТАЦИИ СФЛОКУЛИРОВАННЫХ УГЛЕЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАГЕНТА МОДИФИКАТОРА

Петухов В.Н., Свечникова Н.Ю.

***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова, Россия, г. Магнитогорск,
e-mail: chief.petuhov2013@yandex.ru***

В работе приведены результаты исследования флотационных свойств нового реагента-модификатора «Синтерол» при флотации сфлуклированных углей. Наиболее высокие результаты флотации получены при расходе модификатора «Синтерол» 0,5 г/т, при этом выход концентрата повышается до 86,6 %, а зольность снижается до 8,4 %. Эффективность реагента была подтверждена промышленными испытаниями при флотации углей на промплощадке ООО «ММК-Уголь», а также на новый способ обогащения угля с использованием «Синтерола» получен патент РФ.

В работе проведены исследования по разработке реагентного режима флотации сфлуклированных углей различной минерализации. В качестве реагента модификатора использовали технический продукт «Синтерол», представляющий собой натриевые соли карбоксиметилатов оксиэтилированного изононилфенола, с общей формулой $C_9H_{19}-C_6H_4-O-(C_2H_4O)_n-COONa$, где $n=12$. В качестве реагентов собирателей использовали кубовые остатки гидроформирования пропилена (ГФО) и технический продукт нефтепереработки легкий газойль каталитического крекинга (ЛГКК). В качестве реагента вспенивателя применяли кубовый остаток ректификации 2-этилгексанола при получении его методом оксосинтеза.

Исследованием установлено, что при флотации сфлуклированных углей, выход концентрата уменьшается, из-за повышения гидрофильности поверхности угольных частиц. В процессе исследования было выявлено, что при малых расходах флокулянта он выполняет роль реагента-модификатора, флокулируя минеральную часть угля, что улучшает разделение минеральной и органической массы углей. Однако на УОФ для сгущения угольной пульпы расход флокулянтов составляет 50-100 г/т угля для обеспечения высокой скорости осветления суспензии.

Исследованием установлено, что использование модификатора «Синтерол» в количестве 0,5 г/т повысит выход концентрата с 83,3 % до 86,6 %. Кроме того, в случае использования реагента модификатора улучшается селективность процесса флотации сфлуклированных углей. Зольность концентрата снижается с 9,6 до 8,4 %. Проведение промышленных испытаний при флотации углей на промплощадке ООО «ММК-Уголь» подтвердили результаты лабораторных исследований. Подача реагента модификатора в процесс флотации перед реагентом собирателем в количестве 1-3 г/т угля, в зависимости от зольности исходного питания, поступающего на флотомашину, позволяет повысить выход флотоконцентрата при одновременном снижении его зольности на 1,5-2,0 %. Повышается зольность отходов флотации, что позволяет снизить потери органической массы угля с отходами.

ГАЗИФИКАЦИЯ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В РЕАКТОРЕ С ПОДВИЖНЫМ СЛОЕМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ: ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

**Полианчик Е.В., Дорофеев С.О., Подлесный Д.Н., Салганский Е.А.,
Цветков М.В., Салганская М.В., Зайченко А.Ю.**

***ФГБУН Институт проблем химической физики РАН,
Россия, г. Черноголовка, e-mail: gtc@icp.ac.ru***

A new method for gasification of a powdered fuel in filtration regime with continuous injection of fine dust is proposed and tested. The fuel is supplied suspended with the flow of oxidant gas, whereas the gas flow filters through a porous bed of large inert particles making a heat recovery medium. The experiment showed a possibility to enhance efficiency of gasification of solid fuels in filtration regime. The efficiency is enhanced by means of improved throughput of a reactor and production of the gas without a noticeable concentration of pyrolysis tars, which gas, upon cleansing of fly ash is suitable to feed a gas motor.

Настоящая работа посвящена исследованию фильтрационного горения высокодисперсного каменноугольного топлива в реакторе-газификаторе плотного слоя при подаче топлива вместе с газообразным окислителем.

Лабораторные исследования проводились в вертикальном шахтном реакторе непрерывного действия, диаметром 66 мм и длиной 475 мм. Объем реактора был заполнен инертным материалом. В качестве инертного материала использовались фарфоровые кольца Рашига с характерным размером 5x10 мм, в качестве топлива – каменный уголь марки К. Эксперименты проводили на измельченном угле фракций 100-160, 63-100 и менее 63 мкм.

Показана возможность увеличения эффективности газификации твердого топлива с получением электрической энергии в 2 раза предложенным способом по сравнению с газификацией в плотном слое топлива. Увеличение эффективности газификации твердого топлива достигается за счет повышения производительности единичного реактора и возможности получения горючих газообразных продуктов свободных от пиролизных смол, что позволит использовать этот газ после очистки от золы уноса в газопоршневых установках.

В результате экспериментальных исследований показана возможность газификации пылевидного топлива с получением газообразных продуктов калорийностью до 4 МДж/м³. Показано, что увеличение содержания пара в газообразном окислителе приводит к снижению температуры горения, снижению содержания монооксида углерода и увеличению содержания водорода в газообразных продуктах и увеличению эффективности газификации высокодисперсного твердого топлива.

При увеличении расхода пара до 0.34 г/с уменьшается объемный выход газообразных продуктов с килограмма каменного угля с 3.7 до 3.3 м³, увеличивается калорийность продуктов газификации каменного угля с 3.4 до 4.0 МДж/м³, а также отношение калорийности газообразных продуктов к калорийности исходного топлива с 0.62 до 0.65.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Гос. задания (№ гос. регистрации АААА-А19-119022690098-3).

НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИ(СТИРОЛ-БЛОК-ИЗОБУТИЛЕН-БЛОК-СТИРОЛ)А С УЛУЧШЕННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ

**Резцова М.А.¹, Глушкова Т.В.¹, Никишев П.А.², Костюк С.В.², Ефимова О.С.³,
Исмаилов З.Р.³, Матвеева В.Г.¹, Овчаренко Е.А.¹**

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Россия, г. Кемерово, e-mail: rezvovama@gmail.com

²Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», Беларусь, г. Минск, e-mail: Nikishau@bsu.by

³Федеральный исследовательский центр угля и углекимиия Сибирского отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово

Biomedical cardiovascular implants and devices are in wide demand today due to the growth of cardiovascular diseases. High requirements determine the need to search for new synthetic polymers. It is possible to achieve a significant improvement in the properties of the macromolecular matrix by introducing carbon nanotubes into the composition¹. At the same time, the modification of carbon nanotubes with dodecylamine made it possible to avoid agglomeration of nanoparticles in the bulk of the polymer and to improve the mechanical properties of nanocomposites based on poly(styrene-*b*-isobutylene-*b*-styrene).

Для разработки материалов биомедицинского применения получали нанокмпозиты на основе модифицированных одностенных углеродных нанотрубок (УНТ) и поли(стирол-блок-изобутилен-блок-стирол)а (СИБС). Предварительно УНТ окисляли смесью серной и азотной кислот в ультразвуковой ванне, после чего выдерживали в избытке додециламина при длительном нагревании. Нанокмпозитные пленки готовили методом смешения растворов с различным содержанием УНТ: 1, 2, 4, 6, 8%. Испытывали механические свойства образцов, цитотоксичность, изучали структуру методом сканирующей электронной микроскопии.

Результатами сканирующей электронной микроскопии подтверждена равномерность распределения УНТ полученных нанокмпозитов. Прочность образцов увеличивается с ростом наночастиц в составе. Максимальные значения напряжения 11.1 ± 0.7 МПа получены для образца, содержащего 8% немодифицированных УНТ, высокие показатели прочности также отмечены для модифицированных додециламином УНТ (8%) – 8.5 ± 1.0 МПа. Метаболическая активность и жизнеспособность клеток Ea.hy 926 максимальна для кмпозитов с содержанием УНТ 6 и 8%, что коррелирует с ростом гидрофильности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области (Соглашение о предоставлении грантов из областного бюджета на выполнение проектов научных исследований от «19» декабря 2020 г) в рамках научного проекта № 20-415-420006.

Литература

1. Simon, J., Flahaut, E., & Golzio, M. (2019). Overview of Carbon Nanotubes for Biomedical Applications. *Materials* (Basel, Switzerland), 12(4), 624. <https://doi.org/10.3390/ma12040624>

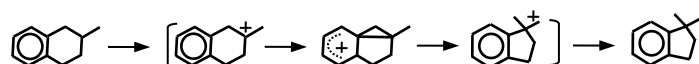
АЛКИЛЗАМЕЩЕННЫЕ ИНДАНЫ В ТЕРМОГИДРОЛИЗАТЕ КАЙЧАКСКИХ УГЛЕЙ КУЗБАССА

Рокосов Ю.В., Горюнова П.В., Рокосова Н.Н., Рокосова В.Ю., Романова Т.А.

*Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной химии Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово, e-mail:
geochem@ngs.ru*

Data were obtained to support the hypothesis of the existence of regular relationships between the content of alkylindanes in the products of thermohydrolytic processing of humites (under conditions of alkaline hydrolysis) and the presence of alkylphenanthrenes in the composition of thermohydrolysates.

В смеси нейтральных соединений, извлекаемых из термогидролизата кайчакских бурых углей, хромато-масс-спектрометрически идентифицированы алкилзамещенные инданы, нафталины и тетралины. Известно, что последние в присутствии алюмосиликатов могут изомеризоваться в алкилинданы, поэтому постулирован соответствующий механизм образования этих соединений, реализующийся, по-видимому, в условиях термогидролиза. Так, в ряду алкилбензоциклоалканов известны примеры катионидных реакций, приводящих к изменению углеродного скелета субстрата. К ним относится сокращение шестичленного кольца в 2-метилтетралине с образованием 1,1-диметилиндана. На схеме показан возможный путь превращения 2-метилтетралина в условиях термогидролиза органического вещества гумитов:



2-Метилтетралин в данном случае выступает в качестве модельного компонента, который входит в состав продуктов термогидролиза бурых углей. Сокращение шестичленного цикла метилтетралина происходит с участием метилтетралин-2-ильных катионов, в которых катионный центр атакует ароматическое кольцо, а образующиеся аренииевые ионы затем изомеризуются в инданилдиметильные катионы.

В наших предыдущих работах, посвященных изучению структурно-молекулярных превращений органического вещества сапропелитов, происхождение алкилированных инданов, нафталинов и тетралинов в термогидролизатах рассматривалось только как результат полимеризации и поликонденсации липидных структурных компонентов, которые входили в состав мембран низших растений – водорослей-сапропелеобразователей. Однако в условиях термогидролиза сапропелитов также должен реализовываться и механизм изомеризации алкилтетралинов в алкилинданы. Какой из механизмов в какой степени реализуется – это предмет будущих исследований. Результаты исследования алкилзамещенных инданов в термогидролизате бурых углей заслуживают специального рассмотрения при доказательстве генетических связей углеводородов гидротермальной нефти и природных соединений высших растений.

Хромато-масс-спектрометрические исследования выполнены с использованием оборудования ЦКП ФИЦ УУХ СО РАН при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-43-420001.

ХРОМАТОМАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОДУКТАХ ТЕРМОГИДРОЛИЗА КАЙЧАКСКИХ УГЛЕЙ КУЗБАССА

Рокосов Ю.В., Горюнова П.В., Рокосова Н.Н., Рокосова В.Ю., Романова Т.А.

*Федеральный исследовательский центр угля и угледохимии Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово, e-mail:
geoschem@ngs.ru*

The composition of the hydrocarbons in the products of thermohydrolysis of Kaychak coals of grade B was studied using chromatography-mass spectrometry using the technique of mass fragmentograms. A high ratio of the sum of aromatic components to the sum of aliphatic components (5: 1) in the total mixture of hydrocarbons in the short range of distribution ($\leq n\text{-C}_{18}$) was found on the mass chromatogram recorded by the total ion current.

Состав углеводородов в продуктах термогидролиза кайчакских углей марки Б изучен методом хромато-масс-спектрометрии с использованием методики масс-фрагментограмм. Полученные данные по масс-хроматограмме по полному ионному току и масс-фрагментограммам соединений позволили установить групповой состав термогидролизных углеводородных соединений ближнего диапазона распределения. Состав термогидролизных фракций очень сложный, поэтому нами предложено последовательно исследовать соединения из ближнего ($\leq n\text{-C}_{18}$), среднего и дальнего диапазонов их распределения на масс-хроматограмме, записанной по полному ионному току. Сопоставление масс-хроматограммы по полному ионному току и масс-фрагментограмм позволило получить качественный состав углеводородов термогидролизата. Установлено, что основными компонентами являются алкилароматические соединения. Алканы присутствуют в термогидролизате, их пики $\text{C}_{13}\text{-C}_{18}$ хорошо видны на масс-хроматограмме, однако они не являются основными по содержанию. Исходя из площадей пиков на фрагментограммах и учитывая вклад осколочных ионов в полный ионный ток, рассчитано содержание индивидуальных компонентов. Затем было просуммировано содержание компонентов по классам соединений. Таким образом, установлено процентное содержание этих групп соединений в общей смеси компонентов ближнего диапазона распределения, т.е. определен в этом диапазоне групповой состав углеводородов термогидролизата кайчакского угля (табл. 1). Согласно полученным данным, соотношение суммы ароматических углеводородов к сумме алифатических углеводородов 23,6% : 4,7% (5:1).

Таблица 1 – Групповой состав углеводородов

Групповые компоненты	Содержание, % мас.
Алканы и алкены	4,69
Циклоалканы	0,01
Моноциклические ароматические соединения (алкилбензолы, алкилинданы и алкилтетралины)	13,40
Бициклические углеводороды (нафталин и его гомологи)	9,33
Полиароматические углеводороды	0,82

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-43-420001.

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ ПЕКОВАНИЯ СМЕСИ КАМЕННОГО УГЛЯ, КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ И НЕФТЯНОГО ОСТАТКА

Сафин В.А.^{1,2}, Кузнецов П.Н.^{1,2}, Бурюкин Ф.А.¹, Косицина С.С.¹.

**¹ФГАОУ ВО Сибирский Федеральный Университет,
Россия, г. Красноярск, e-mail: vsafin@sfu-kras**

**²Институт химии и химической технологии СО РАН, Федеральный
исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»,
Россия, г. Красноярск, e-mail: kpn@icct.ru**

The influence of the main technological parameters (temperature and pressure) of the processing of a blend comprised of heavy petroleum-derived fraction+coal tar+coking coal on the composition and properties of the resulting products was studied in the paper. The increase in the processing temperature was found to result in production of the pitch-like material with high values of coke residue and softening point. The change in the quality of the pitch-like product is directly related to its aromaticity.

В последнее время возрастает интерес к альтернативным методам производства углеродных связующих материалов без использования процесса коксования. Один из вариантов - процесс переработки угля в смеси с высококипящей нефтяной и каменноугольной фракциями. Традиционно процессы такого типа ориентированы на получение высокого выхода светлых углеводородных фракций за счет глубокого преобразования органической массы угля при высоких температурах и, в большинстве случаев, в присутствии катализаторов и водорода. Однако, варьируя условия процесса (температуру и давление), можно получить конденсированные ароматические углеводородные вещества, которые являются основой углеродных связующих материалов. Изучение этого процесса также может помочь в решении проблемы экологической безопасности пековых материалов, поскольку температурные условия термического растворения угля, в отличие от высокотемпературного коксования, менее благоприятны для их образования.

Пекоподобный продукт получали путем совместной термообработки смеси, содержащей каменный уголь марки 1ГЖ, тяжелый остаток от переработки нефти и каменноугольную смолу в равном соотношении по массе. Для проведения процесса использовали специальную установку, которая позволяла изменять условия проведения процесса, а именно давление и температуру, в заданных пределах. Варьирование процесса позволило выяснить, что увеличение температуры всегда ведет к возрастанию коксового числа и температуры размягчения полученного материала. Пекоподобные продукты, полученные при одинаковой температуре, но разном давлении, значительно отличались по составу. При увеличении давления происходит уменьшение относительного содержания длинных алифатических цепей, увеличивается общее содержание ароматических веществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и МЦЭССМ (исследовательский проект № 19-53-44001) и Фонда науки и технологий Монголии (проект № SHUGH / ОНУ / -2019 / 13), а также в рамках государственного задания. № 121031500206-5 для Института химии и химической технологии СО РАН на оборудовании Красноярского краевого научно-исследовательского центра оборудования СО РАН.

ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЭНЕРГИИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕМ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Салганский Е.А., Кислов В.М., Цветков М.В., Зайченко А.Ю.,
Подлесный Д.Н., Салганская М.В., Цветкова Ю.Ю.

*Институт проблем химической физики РАН,
Россия, г. Черноголовка, e-mail: sea@icp.ac.ru*

A thermodynamic calculation of the possibility of mass transfer of metal compounds in the conditions of filtration combustion of metal-containing mixtures has been carried out. According to the results of calculations, metals were divided into two groups: the first group includes metals that form both condensed and gaseous phases, and the second group includes metals that are only in the condensed phase.

Редкие металлы имеют важное значение в стратегическом, научном, промышленном и экономическом плане. Основная сложность при извлечении металлов заключается в том, что, как правило, их концентрация в сырье очень низкая. При фильтрационном горении твердых топлив высокотемпературная область с интенсивными процессами межфазного теплообмена в противотоке может привести к образованию зональной структуры. В результате технологии, основанные на фильтрационном горении, могут быть очень перспективными для извлечения некоторых металлов, особенно тех, которые могут образовывать относительно летучие продукты.

Для теоретического обоснования выбора значений управляющих параметров процесса фильтрационного горения проведен термодинамический анализ поведения металлосодержащих систем в условиях волны горения. Химический состав равновесной смеси рассчитывали с помощью стандартной пользовательской программы «TERRA» [1]. По результатам расчетов металлы поделили на две группы, образующие как конденсированную, так и газообразную фазу в продуктах и вторая группа – металлы, находящиеся только в конденсированной фазе. По некоторым металлам был проведен аналогичный расчет в [2], полученные результаты согласуются. К первой группе относятся металлы: Bi, Cd, Cs, Ge, In, Rb, Se, Te, Tl, W. В условиях волны фильтрационного горения за счет постоянного испарения и конденсации возможно организовать массоперенос соединений металлов первой группы с целью концентрирования их в определенной зоне реактора. Ко второй группе относятся металлы: Be, Co, Hf, Ga, Li, Nb, Ni, Sc, Sr, Ta, Ti, V, Y, Yb, Zr. Металлы второй группы не могут быть подвергнуты массопереносу в условиях волны фильтрационного горения и будут оставаться в твердых продуктах сгорания (в золе). Их концентрирование будет возможно лишь при наличии большого количества горючей составляющей в исходной смеси. В этом случае за счет выгорания горючей части и сохранения соединений металлов в зольном остатке будет происходить их концентрирование. Концентрирование металлов позволит проводить их дальнейшее извлечение традиционными методами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-24029-мк.

Литература

1. Трусков Б.Г. // Инженерный журнал: наука и инновации. 2012. № 1. С. 21-30.
2. Заславский Г.Е., Лемперт Д.Б., Манелис Г.Б. // Химическая физика. 2014. Т. 33. № 1. С. 14-19.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА УГОЛЬНЫЕ БРИКЕТЫ

Салаев Э. В.¹, Салтыкова С.Н.¹, Козлов Р.В.¹.

¹*Санкт-Петербургский горный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург, ssn_58@mail.ru*

The effect of mineral additives (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3) and heat treatment mode on the weight loss of coal briquettes has been studied. It was found that the greatest influence on the weight loss of briquettes from brown and bituminous coal is exerted by the addition of SiO_2 . The greatest weight loss for brown coal briquettes without and with addition of SiO_2 is observed for the "Hot furnace" mode, for coal briquettes a large weight loss was found in the "Without holding" mode with the addition of SiO_2 . To take into account the moisture content in mineral additives, experiments were additionally carried out to establish the moisture yield under two technological modes (A and B).

Объект исследования – бурые угли Канско-Ачинского бассейна, каменные угли Кузнецкого угольного бассейна. Цель работы – изучить влияние минеральных добавок и режимов термообработки на потерю массы угольными брикетами.

Навески бурого и каменного угля фракцией 125-250 мкм смешивались с минеральной добавкой в соотношении 2:1. Масса образца составляла 1,5 г., минеральные добавки - SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 . Смесь брикетировалась при давлении 20 МПа и полученные брикеты загружались в муфельную печь ТПК-1200. Термообработка угольных брикетов велась по двум режимам (А и В):

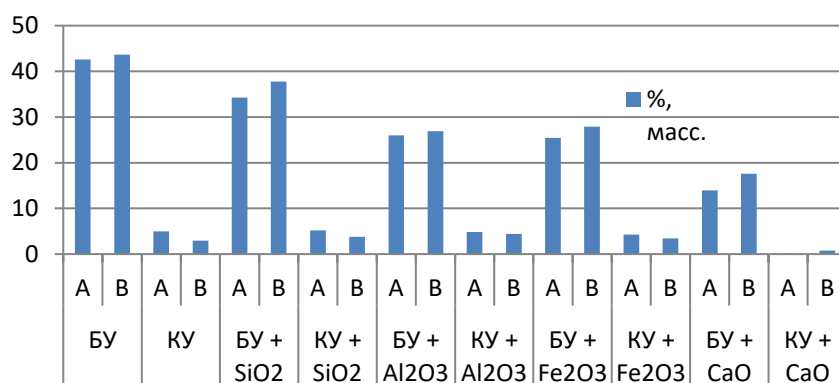


Рис. 1. Режимы термообработки брикетов

режим А - «Без выдержки»: брикеты помещали в холодную печь, печь нагревали до 100°C , доставали из печи один из брикетов и продолжали нагрев печи с брикетами до следующей температуры. Максимальная

температура печи 600°C , шаг нагрева печи 100°C , время выдержки брикета при заданной температуре - 0 минут. Температура в печи контролировалась термопарой. Режим В - «Горячая печь»: брикеты загружали в предварительно нагретую до режимной температуры (100°C , 200°C , 300°C , 400°C , 500°C , 600°C) муфельную печь. Брикет выдерживали на режимной температуре 30 минут. Результаты (средние за интервал температур) представлены на рис.1.

Литература

1. Эпштейн С.А., Минаев В.И., Барабанова О.В., Нестерова В.Г. Влияние термообработки на механические и физико-химические свойства углей разных генотипов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 5. С. 371-375
2. Хренкова Т.М. Механохимическая активация углей. – М.: Недра, 1993. – 176 с.

АКТИВАЦИЯ УГЛЕЙ РАСТВОРИТЕЛЯМИ

Сарымсаков Ш.¹, Камбарова Г.Б.¹, Байзакова Г.Л.¹, Султаналиев М.²

**¹ Институт химии и фитотехнологий НАН КР,
Кыргызская Республика, г. Бишкек, e-mail: gulnara_kambarova@mail.ru**

**² Научно-исследовательский институт энергетики и экономики,
Кыргызская Республика, г. Бишкек**

The possibility of obtaining activated charcoal with high absorption activity by dissolving is shown.

В Кавакском бурогольном бассейне имеется малозольный (1,65%) уголь, представляющий интерес для производства активированных углей (АУ).

С целью получения АУ с низкой зольностью нами проведен термический пиролиз без доступа воздуха при температуре 500-700°C. Выход карбонизата от исходного угля составил при 500°C – 54,3%, а при 700°C – 44%, которые были активированы при 850°C с водяным паром. Адсорбционная активность по йоду АУ при степени обжара 55,4% составила 21,3%.

Как следует из вышеприведенных данных адсорбционная активность низкая, к тому же выход АУ очень низкий (20-25%). Следовательно, 75% углерода сгорает бесполезно.

В данной работе изучено влияние растворителей на выход АУ и увеличение адсорбционной способности. В качестве растворителей использовали дистиллированную воду, бензол, этиловый спирт и 5% раствор соляной кислоты [1].

Обработку угля вели в аппарате Греббе при температуре кипения растворителей в течение 3 ч. Установлено, что все испытанные растворители оказывают положительное влияние на увеличение адсорбционной активности углей. Так если адсорбционная активность по йоду исходного угля составила 30%, то после обработки водой она увеличилась до 49,4%, 5% раствором соляной кислоты – 49,6%, бензолом – 55,9%, спиртом – 59,3%, т.е. на уровне самого активного промышленного угля марки БАУ-А.

Таким образом, обрабатывая малозольный уголь месторождения Мин-Кушской группы спиртом, могут быть получены АУ с низкой зольностью (2,59%) и высокой адсорбционной активностью для применения в медицинской и пищевой промышленности, а также в качестве экспортируемого сырья.

Литература

1. Платов В.В., Клявина И.А., Окушко В.Д. и др. Ступенчатая экстракция бурого угля//Химия твердого топлива. 1990. № 2. С. 74-83.

ПОЛУЧЕНИЕ КУСКОВОГО ТЕРМОКОКСА ИЗ УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИН-КУШСКОЙ ГРУППЫ

Сарымсаков Ш.¹, Камбарова Г.Б.¹, Кенчи кызы Элита¹, Султаналиев М.²

**¹Институт химии и фитотехнологий НАН КР,
Кыргызская Республика, г. Бишкек, e-mail: gulnara_kambarova@mail.ru**

**²Научно-исследовательский институт энергетики и экономики при
Министерстве энергетики и промышленности КР,
Кыргызская Республика, г. Бишкек**

A laboratory method has been developed to produce a lumpy thermoproduct to replace industrial metallurgical coke in the blast process.

При изучении блестящего угля месторождений Мин-Кушской группы установлено, что они при термической переработке не разрушаются. Твердый остаток, образующийся в процессе пиролиза, сохраняет свою первоначальную форму в виде кусков. Это обстоятельство имеет важное значение, т.к. при переработке железных руд в доменных печах требуется три вида сырья: железная руда, кусковой промышленный твердый кокс и известь.

Кусковой кокс получают из коксующихся марок углей, запасы которых в мире ограничены и с каждым годом истощаются [1]. Поэтому получение кускового твердого термопродукта заменяющего промышленный металлургический кокс имеет очень большое значение для Кыргызстана, планирующего строительство металлургического комбината по переработке железной руды Жетим-Тооского месторождения для получения стали и чугуна.

Нами разработан лабораторный способ получения высокотемпературного (800-900°C) твердого продукта из углей Мин-Кушской группы. Полученный кусковой термопродукт малозольный (2,49%), высокоуглеродистый (94-96%), высококалорийный (32,5 МДж/кг), по качественному составу не уступает промышленному металлургическому коксу и может стать экспортируемым сырьем и восстановителем окислов металлов в доменной печи.

Литература

1. Шендрик Ю.В., Тамаркина Т.В., Хабарова Т.Г. и др. // Химия твердого топлива. 2009. № 5. С. 51-55.

РАЗЛОЖЕНИЕ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В УГЛЕ КАК ИНДИКАТОР СВОЙСТВ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ УГЛЯ

Смирнов В.Г.¹, Манаков А.Ю.², Исмагилов З.Р.¹

**¹Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной химии СО РАН,
Россия, г. Кемерово, e-mail: iccms@iccms.sbras.ru**

**²Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН,
Россия, г. Новосибирск, e-mail: manakov@niic.nsc.ru**

Investigation of the decomposition of gas hydrate in the interior of natural coal makes it possible to determine the forms of water and gas inside the coal. With increasing humidity, the amount of gas hydrate inside the coal increases. Decomposition of gas hydrate in natural coal occurs near the equilibrium curve, which distinguishes coal from porous alumina, where hydrate decomposition occurs with a 15 °C deviation from the equilibrium curve.

Угольный метан, диоксид углерода, образующиеся при метаморфизме угля в значительной мере определяют формирование внутренней структуры угольного полимера. Отличие природного угля от традиционных сорбентов проявляется в малой доле извлекаемого метана при дегазации угольных пластов и, в тоже время, в непрогнозируемых обильных газовыделениях при ведении горных работ. Чтобы определять не только количества, но и формы, в которых находятся газ и влага, заключенные внутри природного угля, исследованы закономерности образования газовых гидратов в природном угле. Элементарная ячейка газового гидрата имеет размер 1.2 или 1.7 нм, так что формирование гидрата возможно из капель или слоев воды, толщина которых существенно превосходит данный размер. Разложение частиц гидрата размером 8-80 нм происходит с отклонением на 15-0.5°C от равновесной кривой. На величину отклонения влияет также форма частиц.

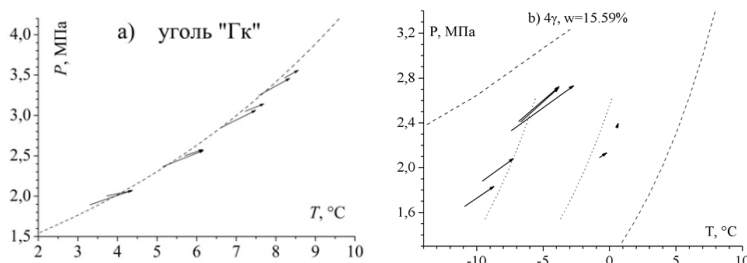


Рис. 1. стрелки – диапазон разложения гидрата CO₂: а) в газовом угле влажностью 8.1 и 9.6%; б) в сорбенте γ-Al₂O₃ влажностью 15,9%; линии – равновесие гидрат CO₂ и жидкий CO₂ (вверху на б)

В отличие от эталонного сорбента Al₂O₃ γ-фазы, где количество гидрата и диапазон разложения вполне сопоставимы с измеренным распределением пор по размерам (рис 1б), в природном угле количество формирующегося гидрата также увеличивается с возрастанием влажности, однако разложение гидрата всегда происходит вблизи равновесной кривой объемного газового гидрата (рис. 1а), для которого можно пренебречь поверхностными взаимодействиями.

Литература

1. Smirnov V.G., Dyrdin V.V., Manakov A.Y., Rodionova T.V., Villevald G.V., Ismagilov Z.R., Mikhailova E.S., Malysheva V.Y. // *Fuel*. 2018. Т. 228. С. 123-131.
2. Smirnov V.G., Dyrdin V.V., Manakov A.Y., Ismagilov Z.R. // *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 2020. Т. 28. № 2. С. 492-501.
3. Смирнов В.Г., Манаков А.Ю., Шикина Н.В., Исмагилов З.Р. // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2018. Т. 26. № 1. С. 61-76.

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНО-УГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ

Соловьев Т.М., Буренина О.Н.

***Институт проблем нефти и газа СО РАН – обособленное подразделение
ФИЦ ЯНЦ СО РАН, Россия, г. Якутск, e-mail: tuskulsolovev@yandex.ru***

Mechanical strength is one of the most important properties of fuel briquettes. Optimal conditions of production briquettes should provide an increasing durability and mechanical strength. Investigations of wood-coal briquettes were conducted to determine an influence of compacting pressure on the compressive strength and impact resistance. Based on the obtaining results are recommended to carry out a compaction of wood-coal briquettes at pressure 150 MPa.

Исследования проведены с целью разработки технологии получения топливных брикетов на основе бурого угля и вторичных, растительных ресурсов – древесных отходов. Ранее в статье [1], были опубликованы результаты определения оптимальных условий брикетирования по влажности сырья, содержанию древесных опилок и температуре прессования, обеспечивающих необходимый уровень технических свойств древесно-угольных брикетов.

В предлагаемом докладе представлены результаты исследования влияния давления прессования на прочностные качества. Прочностные свойства образцов были определены двумя методами: путем сжатия и сбрасывания, согласно ГОСТ 21289-2018 [2]. Объектами исследования служили бурый уголь марки 2Б Кангаласского месторождения с крупностью <2,5мм и древесные опилки с фракционным составом <1,25мм. Образцы для испытаний были приготовлены при ранее установленных оптимальных условиях прессования: T=100°C, влажность сырья 10 мас.%, содержание древесных опилок 10 мас.%, но при разных давлениях прессования.

Результаты испытаний показали, что увеличение давления прессования от 50 МПа до 100 МПа приводит к повышению прочности при сжатии почти в 2 раза. Дальнейшее увеличение давления не оказывает существенного влияния на показатель прочности при сжатии. В свою очередь, показатель прочности при сбрасывании, который показывает ударную прочность брикета, достигает до своего оптимального значения лишь при давлениях прессования 150 и 200 МПа. При давлении прессования 100 МПа брикеты получают с хорошими показателями прочности при сжатии, но низкими значениями прочности при сбрасывании. Таким образом, оптимальное давление прессования древесно-угольных брикетов составило 150 МПа.

Разработанная технология производства топливных брикетов не только позволит получить твердое сортовое топливо, но и поможет улучшить экологическую обстановку за счет вовлечения в производство некондиционных сырьевых ресурсов, таких как буроугольная мелочь и отходы деревообработки.

Литература

1. Попов С. Н., Буренина О. Н., Николаева Л. А., Соловьев Т. М. Получение и свойства древесно-угольных топливных брикетов // Химия твердого топлива. – 2018. – Т. 4 – № 4. – С. 69–72.
2. ГОСТ 21289-2018 Брикеты угольные. Методы определения механической прочности [Электронный ресурс] – М.: Стандартинформ, 2021.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Суймбаева С.М., Каирбеков Ж.К., Джелдыбаева И.М.

***НАО Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
НИИ Новых химических технологий и материалов,
Республика Казахстан, г. Алматы, e-mail: saltanat_suimbayeva@mail.ru***

Приведены результаты исследований физико-химических и антиоксидантных свойств гуминовых кислот (ГК) из бурых углей месторождений Республики Казахстан. Результаты амперометрического определения антиоксидантных свойств ГК свидетельствуют о том, что они обладают антиоксидантной активностью, наличие которой позволит использовать их в качестве биологически активной субстанции при производстве лекарственных препаратов.

В работе приведены результаты экспериментальных исследований, выполненных с применением методов ИКС, ЭПР, ^1H ЯМР и амперометрии, по определению физико-химических и антиоксидантных свойств гуминовых кислот, выделенных из бурых углей перспективных месторождений Казахстана – Ой-Карагай и Киякты, для получения новых сведений о структурных компонентах гуминовых кислот углей буроугольных месторождений Казахстана.

Полученные данные ИК-спектроскопии ГК свидетельствуют о том, что ГК углей обоих месторождений имеют молекулярную структуру, структурными элементами которой являются функциональные группы карбонильной, гидроксильной, карбоксильной и алифатической природы.

Наличие парамагнитных центров углей и их гуминовых кислот определено методом ЭПР спектроскопии. Установлено, что для исследованных образцов ГК характерно наличие ПМЦ с значением g -фактора, выше 2.00, что свидетельствует о наличии в молекулах углей и ГК свободных радикалов, обусловленных сильно делокализованным электронным облаком.

Результаты ^1H ЯМР спектроскопии позволили оценить качественный и количественный состав гуминовых кислот и получить информацию об особенностях молекулярной структуры гуминовых веществ из углей месторождений Ой-Карагай и Киякты.

Установлено, что количественное определение ГК также можно осуществлять амперометрическим методом по величине суммарного содержания антиоксидантов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что ГК обладают высокой антиоксидантной активностью, что позволяет рекомендовать их для применения в технических целях и в медицине как перспективные наноразмерные антиоксиданты природного происхождения.

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РК.

AP09258741 Разработка научно обоснованной технологии получения антиоксидантов природного происхождения из низкоминерализованных иловых сульфидных грязей месторождения Тузколь и углей месторождения Киякты.

AP09057905 Разработка технологии получения и использования специфических органических веществ углей и горючих сланцев РК, как источника катализаторов и антиоксидантов природного происхождения.

АНАЛИЗ ПЫЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ КУЗБАССА

Тайлаков О.В., Голоскоков С.И., Голоскоков Е.И., Ауцерс А.В.

***Акционерное общество «Научный центр ВостНИИ по промышленной и
экологической безопасности в горной отрасли»,
Россия, г. Кемерово, e-mail: main@nc-vostnii.ru***

По результатам деятельности АО «НЦ ВостНИИ» в области исполнения требований промышленной безопасности, а также проведения специальной оценки условий труда и контроля уровней загрязнений на границе санитарно-защитной зоны накоплен массив данных по уровням запыленности рудничной атмосферы, распространению пыли по сети горных выработок, изучен дисперсный состав витающей и отложившейся пыли [1-3].

Уровни запыленности воздуха при ведении горных работ в подготовительных и очистных забоях составляют 100-200 мг/м³, что обуславливает высокую пылевую нагрузку на работников. Классы условий труда основных профессий (машинистов горных выемочных машин, горнорабочих очистного забоя, проходчиков) по данному показателю в 95% случаев соответствуют степени вредности 3,3-3,4.

Результаты шахтных исследований фракционно-массового распределения пыли в условиях высокопроизводительной добычи угля показывают, что интенсивность отложения мелкодисперсной фракции угольной пыли уменьшается с расстоянием от источника пылевыделения, но сохраняется на довольно высоком уровне на протяжении всей выработки. Мелкодисперсная пыль с размером фракций 0-50 мкм не только отлагается по всей протяженности выработки с исходящей струей воздуха, но и при высоких скоростях воздуха выносится в окружающую среду.

Одной из основных причин сложившейся пылевой обстановки является отсутствие в ряде случаев требований к испытаниям и применению средств пылеподавления. Это приводит к тому, что практически не применяются пылеотсосы, не ведется входной контроль поступающих на шахты смачивающих и связывающих составов, не эффективно эксплуатируются обеспыливающие завесы, оросители на горно-шахтное оборудование устанавливаются без учета конкретных горно-геологических условий [4,5].

В докладе представлены предложения по совершенствованию действующей нормативной документации для повышения эффективности применяемых мероприятий по борьбе с пылью.

Литература

1. Журавлева Н.В., Хабибулина Е.Р., Михайлова Е.С., Исмаилов З.Р. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 3. С. 33-44.
2. Д.В. Ботвенко, С.И. Голоскоков, А.А. Анисимов, А.С. Подображин // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2010. № 1. С. 111-117.
3. С.И. Голоскоков, М.С. Попов, А.Е. Макаров, Е.И. Голоскоков, А.М. Попов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 12. С. 152-155.
4. О.В. Тайлаков, А.Н. Кормин, Е.А. Уткаев // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № S49. С. 148-157.
5. Федорова Н.И., Заостровский А.Н., Зубакина В.А., Исмаилов З.Р. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 3, С. 33-44.

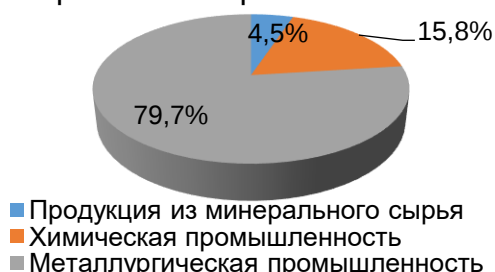
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КУЗБАССА КАК ИСТОЧНИК ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Тайлаков О.В., Колмакова А.А.

**Федеральный исследовательский центр угля и углекислотной химии Сибирского
отделения Российской академии наук,
Россия, г. Кемерово, e-mail: anastasiya_kolmakova@rambler.ru**

Рассмотрены основные отрасли промышленности Кемеровской области, функционирование которых сопровождается выбросами парниковых газов. Представлены и обсуждаются результаты инвентаризации выбросов парниковых газов из антропогенных источников региона.

Промышленность Кемеровской области представлена тремя основными категориями выбросов парниковых газов (ПГ) за исключением угледобывающей промышленности [1]: «производство продукции из минерального сырья»; «химическая промышленность»; «металлургическая промышленность». Наибольшее количество выбросов ПГ в 2018 г. приходится на металлургическую промышленность – 79,7% (рис. 1), наименьшее – 4,5% на производство продукции из минерального сырья.



**Рис. 1. Выбросы ПГ от
категорий промышленных процессов
в Кемеровской области в 2018 г.**

от металлургической промышленности региона относятся выбросы при производстве кокса (7,3 %), стали (37,8 %), чугуна (40,2 %), ферросплавов (6,8 %), алюминия (7,9 %).

Отдельно стоит обратить внимание на выбросы ПГ, образующиеся при добыче угля (фугитивные выбросы) [2]. В 2018 г. выбросы от данной категории составили 16% от всего объема выбросов ПГ в Кузбассе.

В качестве мер, способствующих снижению выбросов парниковых газов предложены мероприятия по повышению энергоэффективности, оптимизации технологических процессов производства, внедрения технологий улавливания и хранения углекислого газа и проектов по утилизации шахтного метана [3].

Литература

1. Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации [Электронный ресурс]: сайт Министерства природных ресурсов и экологии РФ. URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=140995>.
2. Тайлаков О.В., Застрелов Д.Н., Смыслов А.И., Самусь В.Л. Количественное определение объемов выбросов парниковых газов на угольных предприятиях // Горный Информационно-аналитический бюллетень, Москва: Издательство «ГОРНАЯ КНИГА», 2018. – Специальный выпуск 49. – С. 507 – 514.
3. Тайлаков О.В., Застрелов Д.Н., Уткаев Е.А., Соколов С.В., Кормин А.Н. Смыслов А.И. Направления утилизации шахтного метана // Вестник КузГТУ, Кемерово, 2015. – №6. – С. 62 – 67.

ФМР КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА ПРИМЕРЕ НАНОБИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СОРТ

Тихонова И.Н.¹, Захаров Н.С.^{1,2}, Захаров Ю.А.¹, Корчуганова К.А.^{1,2}

¹*Федеральный исследовательский центр угля и углекимиия Сибирского
отделения Российской академии наук,,*

Россия, г. Кемерово, e-mail: aniry180895petric@mail.ru

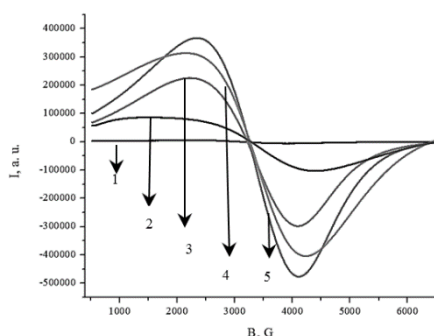
²*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
Россия, г. Кемерово*

This paper presents the results of the analysis of CoPt samples by the FMR method. The relationship between the magnetic resonance parameters and the composition of nanoparticles is shown.

Ферромагнитный резонанс (ФМР) как метод исследования наночастиц весьма актуален для исследования состава и структуры поверхности, магнитных свойств дисперсных однодоменных наночастиц, в том числе находящихся в углеродной матрице, при этом не повреждающий их целостность, а также ввиду высокой чувствительности анализа [1].

Для анализа методом ФМР были взяты образцы CoPt различного состава, синтезированные путем восстановления водных растворов соответствующих прекурсоров. На рисунке 1 представлены типичные спектры ФМР наночастиц CoPt, основные параметры их представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры спектров ФМР образцов CoPt различного состава



Образец	g-фактор	Ширина линии, Гс	Амплитуда сигнала, отн. ед
Co ₁₀ Pt ₉₀	2.27938	1695	$1.78 \cdot 10^6$
Co ₁₉ Pt ₈₁	2.18961	2177	$3.45 \cdot 10^8$
Co ₂₄ Pt ₇₆	2.16926	2312	$5.48 \cdot 10^8$
Co ₄₈ Pt ₅₂	2.15945	2108	$5.55 \cdot 10^8$
Co ₇₀ Pt ₃₀	2.14935	2806	$1.57 \cdot 10^8$

Рис. 1. Типичные спектры ФМР образцов CoPt: 1-Co₁₀Pt₉₀; 2-Co₁₉Pt₈₁; 3- Co₂₄Pt₇₆; 4- Co₄₈Pt₅₂; 5- Co₇₀Pt₃₀

Форма спектра всех образцов подобна линиям Дайсона (что типично для полифазных ферромагнитных наночастиц). Спектр образца Co₇₀Pt₃₀ представляет собой «типичную» форму линии для наноразмерного Co₃O₄, что хорошо согласуется с [2]. Во всех образцах не удалось обнаружить линии, принадлежащие Co²⁺, поэтому можно предположить, что все наночастицы CoPt покрыты Co₃O₄.

При увеличении доли кобальта в образцах резонансное поле смещается в большую сторону (это отображается в уменьшении g-фактора – табл.1), что говорит об увеличении влияния ферромагнитной составляющей в них.

Литература

1. Хайбуллин, Р. И. et al. ФМР исследования металл-полимерных композитных пленок, формируемых путем имплантации ионов железа в вязкую силансированную подложку//4-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом» - Минск, Беларусь, 2001.- С. 318-320
2. Dutta P. et al. A comparative study of the magnetic properties of bulk and nanocrystalline Co₃O₄ //Journal of Physics: Condensed Matter. – 2007. – Т. 20. – №. 1. – С. 015218.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТЫ АУ/ МУНТ И РТМЕ/МУНТ (МЕ=FE И СО) ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Троснянская Т.О.¹, Сименюк Г.Ю.¹, Захаров Ю.А.¹, Ларичев Т.А.^{1,2},
Пугачев В.М.^{1,2}, Додонов В.Г.^{1,2}

¹*Федеральный исследовательский центр угля и углекимиия Сибирского
отделения Российской академии наук, Россия, г. Кемерово, e-mail:
ZakharovYA@iccms.sbras.ru*

²*Кемеровский государственный университет, Россия, г. Кемерово*

В работе получены наноструктурированные композиты на основе многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ), поверхность которых декорирована наноразмерными частицами золота или биметаллических систем PtFe и PtCo. Нанокompозиты исследованы в качестве электродов ассиметричных ячеек суперкондесаторов. Электрическая емкость композитных электродов на 15-25% и превышает емкость МУНТ при скоростях сканирования потенциала 10-80 мВ/с.

Нанесение на поверхность углеродных материалов (активированный уголь, нанотрубки, графен и др.) нанопаз благородных металлов широко используется при создании различных функциональных материалов: катализаторов, обладающих с высокой активностью и селективностью, в том числе в электрокатализе, сенсоров, электродных материалов. Представляет интерес изучение углеродматричных нанокompозитов с малыми содержаниям металлонаполнителей (1-5 масс.%) на основе МУНТ, в электрохимических системах накопления и хранения энергии, в том числе в суперконденсаторах [1,2]. Введение в состав нанокompозитов (НК) благородных металлов и биметаллических систем на их основе, обладающих высокой электропроводностью и электрокаталитической активностью позволит улучшить процессы накопления заряда. На примере НК Au/МУНТ изучено влияние условий нанесения 1-4 масс.% Au на поверхность С-матрицы без введения восстановителей: пропитка по влагеомкости, осаждение из растворов, в том числе из сильно разбавленных методом послойного нанесения. Установлено, что послойное нанесение является оптимальным, вследствие более равномерного распределения наночастиц, квази-и островковых пленок Au на поверхности МУНТ. Также получены НК PtFe/МУНТ и PtCo/МУНТ восстановлением растворов прекурсоров гидразингидратом при мольном соотношении Pt/Me, равном 1:1. Согласно рентгенодифракционным данным наиболее высокая дисперсность (размер кристаллитов порядка 1-2 нм) наблюдается для НК PtMe/МУНТ. Методами МУРР изучена морфология НК. Исследованы электроемкостные свойства НК в ячейке суперконденсаторов. Методом ЦВА показано, что декорирование поверхности углеродных нанотрубок наноразмерными частицами Au, Pt-Co и Pt-Fe способствует увеличению удельной электрической емкости ячеек СК в 1,2-1,4 раза.

Работа выполнена в рамках проектов Минобрнауки 46.3.5. и РФФИ 20-43-420017/20.

Литература

1. 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
2. Захаров Ю.А., Сименюк Г.Ю., Додонов В.Г., Иванова Н.В., Лобанов А.А., Троснянская Т.О., Исмагилов З.Р. // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2020. Т. 28. № 5. С. 457-466.

МАГНИТНЫЕ СОРБЕНТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ УГЛЕЙ ПОЗДНЕЙ СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА, АКТИВИРОВАННЫЕ СМЕСЬЮ $\text{FeCl}_3/\text{ZnCl}_2$

Цветков В.Э., Иванов Н.Н., Зыков И.Ю.

**Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты Сибирского
отделения Российской академии наук,
Россия, г. Кемерово, e-mail: tsvetkofve@gmail.com**

В качестве объекта исследования были использованы угли марок «СС» и «Т». Образцы углей получены из банка углей ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН.

Уголь подвергался дроблению и квартованию по стандартным методикам. После измельчения частицы угля просеивались через вибрационное сито с размером ячеек 200-500 мкм.

По стандартным методикам определены показатели технического и элементного анализа углей. Определение влаги в аналитических пробах определяли по ГОСТ 33503-2015, зольности – по ГОСТ Р 55661-2013, выход летучих веществ – по ГОСТ Р 55660-2013, определение серы – по ГОСТ 8606-2015 (метод Эшка), содержание углерода и водорода – по ГОСТ 2408.1-95 (ИСО 625:1996).

Таблица 1. Результаты технического и элементного анализов исследуемых марок угля

Образец	Технический анализ, %				Элементный состав, % на d_{af}			Атомное отношение	
	W^a	A^d	V^{daf}	S_t^d	C	H	(O+N+S)	H/C	O/C
1	1,9	6,0	19,5	1,0	87,5	4,5	8,0	0,62	0,07
2	0,5	8,4	14,1	0,6	90,3	4,1	5,6	0,54	0,05

* 1-образец угля марки СС, 2-образец угля марки Т

Магнитные сорбенты активировали с использованием хлорида железа(III) и хлорида цинка в соотношении уголь/ $\text{FeCl}_3/\text{ZnCl}_2$ (1:0,25:0,25 соответственно). Полученная смесь пропитывалась в течение 24 часов при комнатной температуре. Затем высушенную смесь карбонизировали при температуре 700°C, в течение 90 минут.

Таблица 2. Текстульные и сорбционные характеристики углеродных сорбентов

Образец	$S_{\text{вс}}, \text{м}^2/\text{г}$	$V_{\Sigma}, \text{см}^3/\text{г}$	$V_{\text{микро}}, \text{см}^3/\text{г}$	$V_{\text{мезо}}, \text{см}^3/\text{г}$	$D_{\text{pores}}, \text{\AA}$	$A_f, \text{мг/г}$	$A_b, \text{мг/г}$
1	192	0.093	0.073	0.009	19	26	77
2	221	0.104	0.085	0.007	19	23	86

* 1-образец сорбента полученный из угля марки СС, 2-образец сорбента полученный из угля марки Т

По полученным результатам работы видно, что магнитные сорбенты, полученные из углей выбранных марок, не обладают высокими значениями основных показателей качества сорбентов (удельной поверхности, адсорбционной активности по бензолу и фенолу), и не могут быть выбраны для использования. Однако, подбор оптимальных условий и выбор марок пригодных для активации с использованием хлорида железа(III) и хлорида цинка, стоит задачей для нашей дальнейшей работы в этом направлении.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант р_а 20-43-420012).

Литература

1. I.Yu Zыkov., Yu.N. Dudnikova, V.E. Tsvetkov, N.N. Ivanov // Magnetic sorbents based on kuzbass long-flame coal / Journal of Physics: Conference Series. - 2021- V.1749 - C. 012013.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ – НОСИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ

Цуканова А.Н., Фарберова Е.А., Ходяшев Н.Б., Першин Е.А.

***Пермский национальный исследовательский политехнический
университет, Россия, г. Пермь, e-mail: angi.tsukanova@gmail.com***

Исследованы параметры пористой структуры активных гранулированных углей, полученных из пыли слабоспекающегося каменного угля и полукокса с использованием в качестве связующего каменноугольной смолы. Проведена оценка влияния параметров их пористой структуры на качество химического поглотителя аммиака и сероводорода.

В связи с дефицитом лесохимических смол, в настоящее время производство активированных углей предполагает использование каменноугольной смолы в качестве связующего [1].

С целью исследования параметров пористой структуры активных углей, полученных с использованием 100% КУС, но при различном соотношении каменноугольной пыли ССОМШ и углеродистого восстановителя, в лабораторных условиях наработаны образцы активного угля и исследованы параметры их пористой структуры.

Установлено, что использование каменноугольной пыли при отсутствии углеродистого восстановителя в составе сырья позволяет получить активированный уголь серии АГ основной фракции 1,0-1,5 мм с удельной площадью поверхности более 930 м²/г, площадью поверхности микропор более 1270 м²/г и объемом микропор более 0,45 см³/г. Увеличение доли углеродистого восстановителя снижает удельную площадь поверхности на 15-20 %, площадь поверхности и объем микропор – на 10-15 %. Объем мезопор, напротив, существенно возрастает – более чем в 2,5 раза.

На основе полученных образцов активированных углей изготовлены образцы химического поглотителя аммиака и сероводорода Купрамит, исследованы их сорбционные свойства. С помощью метода корреляционного анализа [2] определена степень влияния параметров пористой структуры основы на свойства химпоглотителя. Установлено, что сорбционная активность поглотителя по аммиаку выше в случае, когда активный уголь имеет более развитую удельную площадь поверхности, площадь и объем микропор. Коэффициенты корреляции при этом имеют значения более 0,8, что указывает на высокую тесноту связи между указанными характеристиками поглотителя и основы. Между поглощающей способностью поглотителя по аммиаку и объемом мезопор наблюдается отрицательная корреляционная зависимость, т.е. чем выше объем мезопор основы, тем ниже сорбционная емкость поглотителя по аммиаку.

Литература

1. Цуканова А.Н., Зорина Е.И., Лимонов Н.В. Получение активных гранулированных углей нового поколения // Химия. Экология. Урбанистика. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). г. Пермь, 18-19 апреля 2019 г. Т 2. С. 423-427.
2. Цуканова А.Н., Фарберова Е.А., Ходяшев Н.Б., Лимонов Н.В. Влияние различных факторов на характеристики химического поглотителя аммиака и сероводорода // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2020. N 4. С. 65-75.

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ КАК СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫХОДА БИТУМОИДОВ ПРИ О-АЛКИЛИРОВАНИИ БУРОГО УГЛЯ

**Шпакодраев К. М., Жеребцов С. И., Малышенко Н. В., Вотолин К. С.,
Исмаилов З. Р.**

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

Одной из наиболее значимых проблем в топливно-энергетическом комплексе нашей страны является переработка бурых углей. На данный момент наиболее обширно и повсеместно бурые угли сжигаются для получения тепла и электроэнергии, при этом тот колоссальный химический потенциал, который в них сконцентрирован, безвозвратно теряется. Наиболее перспективным методом, способным раскрыть этот потенциал является экстракция. Применение данного способа переработки позволяет извлечь из бурых углей ряд ценных продуктов: гуминовые вещества и битум (горный воск), в которых присутствуют ряд биологически активных веществ (БАВ) [1-3].

В работе представлены данные о выходе, групповом и компонентном составе битумоидов, извлеченных из бурого угля Тюльганского месторождения, алкилированного под воздействием ультразвука для более полной деполимеризации ОМУ. Исследования велись с использованием методов ИК-спектроскопии, ¹³C ЯМР (CPMAS), хромато-масс-спектрометрии.

Процесс проводился с применением н-бутанола – алкилирующего спирта; н-гептана в качестве попутного растворителя; катализатором процесса выступала ортофосфорная кислота (ОФК); частота генерируемых ультразвуковой установкой волн 22 кГц; продолжительность обработки 30 мин. В результате проведенного процесса выход битумоидов увеличился до 52% что на 15.7% больше чем при алкилировании при тех же условиях, но без ультразвукового воздействия [4].

При исследовании компонентного состава в битумоидах идентифицирован ряд индивидуальных соединений: 2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl; Охасисептадекан-2-он; Тетрадекановая кислота; Пентадекановая кислота; Гексадекановая кислота; 9-Гексадекановая кислота; Трикосановая кислота; Тетракосановая кислота; Гексакосановая кислота; Октакосановая кислота; Ферругинол; 1-Гептатрикозанол; n-Тетракосанол-1; и др. Среди идентифицированных соединений в существенных концентрациях присутствуют биологически активные вещества Октанedioic acid, Docosanoic acid, Behenic alcohol, Sugiol, Гексакосановая кислота и др. Метод может быть полезен при комплексной переработке бурых углей.

Исследования проведены на оборудовании КемЦКП ФИЦ УУХ СО РАН.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-33-90079, и в рамках государственного задания ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН (проект 121031500124-2).

Литература

1. Белькевич, П.И. Битумы торфа и бурого угля / П.И. Белькевич, Н.Г. Голованов, Е.Ф. Долидович. – Минск: Наука и техника, 1989. – 125 с.
2. Жеребцов С.И., Моисеев А. И. Комплексные технологии и продукты переработки торфов, бурых и некондиционных углей Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюл. 2008. № S7. С. 114.
3. Жеребцов С.И. Экстракционные технологии и продукты переработки бурых и некондиционных углей // Уголь. – 2009. – № 7. – С. 63-66.
4. Шпакодраев К.М. Влияние О-алкилирования н-бутанолом бурого угля на выход и состав битумоидов / К.М. Шпакодраев, С.И. Жеребцов, Н.В. Малышенко, З.Р. Исмаилов // Химия твердого топлива. – 2020, – №4, – С. 34–43.

Для заметок