

УДК: 536.46; 62-66; 662.749

## **ИННОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ**

***Баринов А.В., Котельников В.И., Патраков Ю.А.,  
Рязанова Е.А., Федянин В.Я.***

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН*

Повышение 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 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 приспособлять 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, сжигание угольных отходов); исследование золошлаковых 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. Кызылской ТЭЦ сжигается в год – 215 тыс.т. угля, 40–60 тыс. тонн угля сжигается частным сектором. (Его  $S = 17,3 \text{ км}^2$ , и составляет более половины жилого фонда). Из-за большого содержания «летучих» и склонности к спеканию слоевое горение тувинских углей в котлоагрегатах 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 при пиролизе 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 выносятся 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).

Таблица 1.

№, п/п	Характеристика	Значение
1.	Размеры кусков	Длина – 0.5-10 см Диаметр – 0.5-6 см
2.	Зольность, %, не более	15
3.	Массовая доля общей влаги, %, не более	14,0
4.	Механическая прочность, %, М 40, не менее	73
5.	Массовая доля серы, %, не более	0,6
6.	Массовая доля углерода, %, не менее	95,5
7.	Теплотворная способность, ккал/кг, не менее	5500
8.	Удельное сопротивление, Ом	40
8.	Число мезопор, %	>50
9.	Стоимость тонны топлива	2100 руб.

Технология производства бытового топлива основывается на разработанном совместно с ООО «Интех» (г. Кызыл) специальном составе шихты. Уголь марки Ок смешивается в определенной пропорции с углем марки Ж и стабилизаторами. Далее смесь направляется в установку низкотемпературного пиролиза для пластификации и формования топливного куска. Затем полученное топливо расфасовывается в пакеты для обеспечения его сохранности и чистоты при использовании. Стоимость получаемого топлива сопоставима со стоимостью угля за счет замещения части угля высших марок окисленными углями.

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.

Перспективной технологией переработки углей, может быть сверхкритическая флюидная экстракция (СКФЭ) угля. Сверхкритическая флюидная экстракция представляет собой технологический процесс, основанный на уникаль-

ной способности растворителей, в сверхкритическом состоянии, экстрагировать из различных твердых и пористых структур растворимые компоненты. Процессы тепло- и массопереноса, изменение теплофизических характеристик веществ (температуры, давления, плотности, вязкости, коэффициентов диффузии и поверхностного натяжения), насыщающих твердую пористую структуру, приводят к уникальным явлениям, особенно, когда эти вещества приближаются к критической точке (состояние вещества с параметрами выше критических) жидкость-газ или газ-жидкость.

В связи со стабилизацией потребления металлургического кокса и переходом коксохимических производств на новые технологии коксования без улавливания летучих продуктов уже сейчас в алюминиевой промышленности ощущается дефицит связующего – каменноугольного пека для производства электродной продукции.

Выполнены эксперименты по СКФЭ проб каменного угля Каа-Хемского и Элегестинского месторождений в реакторе оригинальной конструкции, с помощью различных растворителей (бензол, гексан, дистиллированная вода), получены битум-содержащие экстракты, а также нерастворимый твердый остаток. Получены данные, которые могут быть использованы для экономического обоснования наиболее эффективной технологии по получению битума и битум-содержащих продуктов.



Рис. 1. Битумсодержащие экстракты



Рис. 2. Нерастворимый твердый остаток

Авторами проекта разработана и апробирована на различных природных объектах неизотермическая методика сверхкритической флюидной экстракции (СКФЭ), позволяющая выделять в растворенном виде «нативные» интермедиаты фрагментарного строения макромолекул органического вещества.

Показано, что основными продуктами являются высокомолекулярные соединения (асфальтены и преасфальтены), которые могут быть использованы в качестве сырья для получения аналога каменноугольного пека. Твердый остаток, образующийся в процессе СКФЭ, представляет собой макро- и мезопористый углеродный продукт, который может быть использован в качестве углеродного сорбента и твердой подложки при производстве катализаторов.

Установлено, что некоторая часть неорганических элементов выносится при экстракции, что может указывать на то, что эти элементы имеют химические связи с органической массой и вымываются вместе с содержащими их органическими компонентами.

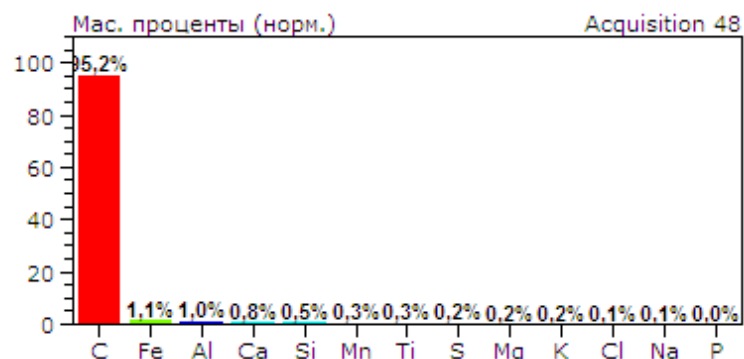


Рис. 3. Твердый остаток в реакторе.

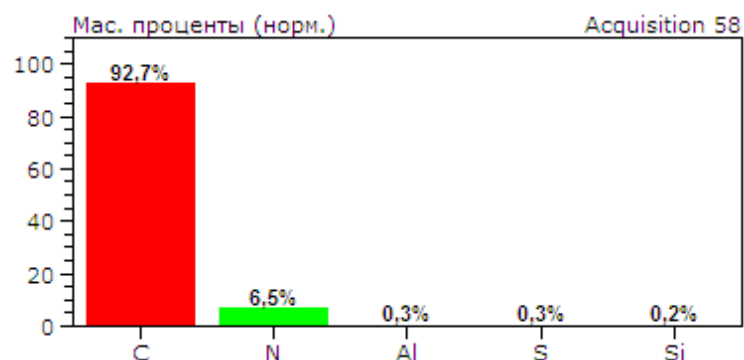


Рис. 4. Битум.

В настоящее время интенсивно исследуются процессы сжигания топлив в детонационном режиме. Такой режим термодинамически более эффективен, чем используемые сейчас режимы Брайтона и Гемфри. Группой авторов изготовлена экспериментальная установка, конструктивно выполненная по принципу пульсирующего воздушно-реактивного двигателя бесклапанного типа, для выяснения возможности использования угольной пыли в качестве топлива для организации устойчивого импульсного горения, а так же для выяснения возможности детонационного сгорания пылевоздушной смеси. Проведена серия экспериментов по сжиганию угольной пыли, выявлены направления для улучшения конструкции установки, системы подачи, розжига пылевоздушной смеси.

Проведено исследование золо-шлаковых отходов каменного угля Каа-Хемского и Элегестинского месторождений на наличие ценных компонентов и возможности их извлечения, проведено озоление углей, кислотное выщелачивание и химический полуколичественный анализ проб. Выполнен химический анализ микроскопических включений золы Элегестинского месторождения с помощью электронной микроскопии, выявлены структуры с высоким содержанием Fe, Si, Al (рис. 6, 7).

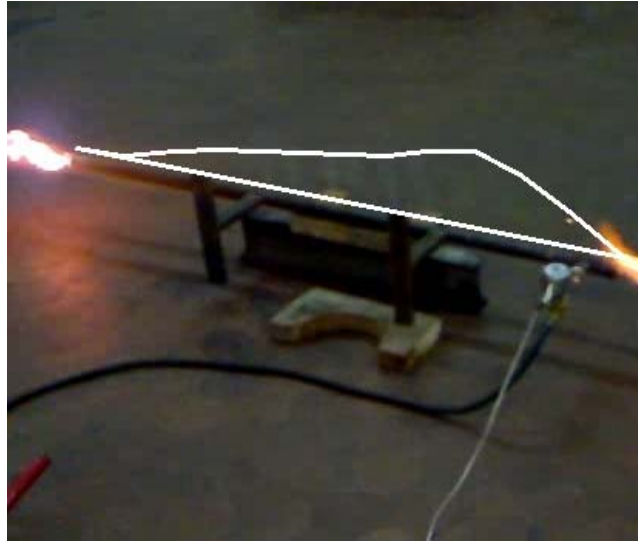


Рис. 5, Горение пылевоздушной смеси

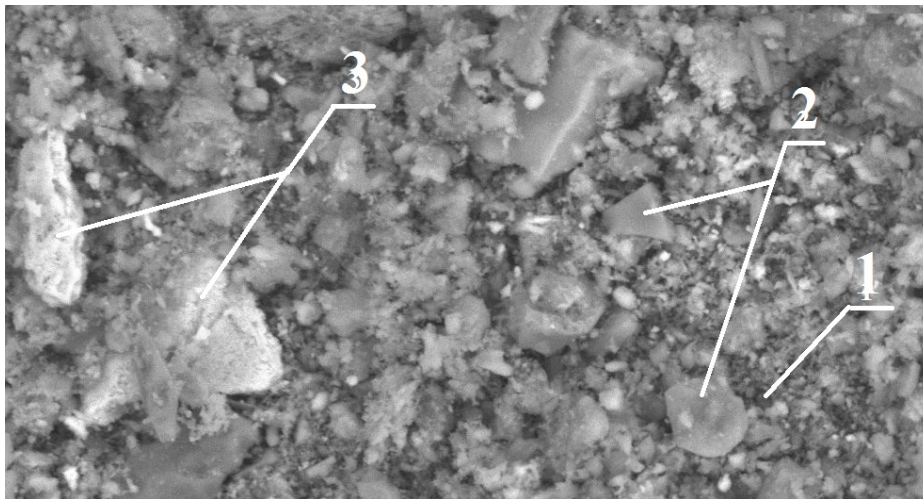


Рис. 6.



Рис. 7.

## Литература

1. Лебедев В.И., Котельников В.И., Рязанова Е.А., Федянин В.Я. Установка непрерывного термолiza 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. Содуп Ш.Н., Котельников В.И., Патраков Ю.Ф., Монгуш Г.Р. Исследования процесса сверхкритической флюидной экстракции каменных углей Тувы. «Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая». Сборник материалов 1-ой международной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов – Кызыл, 2012. -С. 237-238.
6. Монгуш Г.Р., Котельников В.И., Баринов А.В., Содуп Ш.Н. Особенности состава каменных углей Улуг-Хемского и Чаданского бассейнов. «Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая». Материалы 1-ой международной научно-практической конференции молодых ученых, аспиранто и студентов. – Кызыл, 2012. –С. 239-240.
7. Монгуш Г.Р., Котельников В.И., Содуп Ш.Н. Анализ Перспективы развития угольной промышленности в Республике Тыва. Материалы 3-ей научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и инновации: опыт, проблемы и перспективы» (10 декабря 2011г.) –Кызыл: РИО ТувГУ, 2012. –С. 14-16.