

**Т.Г. Черкасова, С.П. Субботин, Е.В. Черкасова,
А.В. Неведров, А.В. Тихомирова, А.П. Козлов,
А.В. Папин, В.С. Солодов**
Кузбасский государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева

**КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ И ОТХОДОВ
УГЛЕПЕРЕРАБОТКИ С ВЫДЕЛЕНИЕМ КОМПОНЕНТОВ С
ВЫСОКОЙ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТЬЮ**

Аннотация: Уголь - один из базовых экспортных продуктов Российской Федерации. Он ежегодно обеспечивает около 10 млрд. долларов валютных поступлений в страну. По объемам экспорта угля Россия занимает третье место в мире, российский уголь потребляется в 64 странах мира. Химия угля и техногенных отходов формирует цепочку продукции с высокой добавленной стоимостью, что очень важно в условиях существующих рисков. Уголь необходимо рассматривать как базовый компонент для производства химических продуктов, углеродных и композитных материалов.

**T.G. Cherkasova, S.P. Subbotin, E.V. Cherkasova, A.V. Nevedrov,
A.V. Tikhomirova, A.P. Kozlov, A.V. Papin, V.S. Solodov**
The Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University”

**COMPLEX CONVERSION OF COAL AND COAL PROCESSING
WASTE WITH THE SELECTION OF COMPONENTS WITH HIGH
ADDED VALUE**

Abstract: Coal is one of the basic export products of the Russian Federation. It annually provides about \$ 10 billion in foreign exchange earnings to the country. Russia ranks third in the world in terms of coal exports, and Russian coal is consumed in 64 countries. The chemistry of coal and man-made waste forms a chain of products with high added value, which is very important in the context of existing risks. Coal should be considered as a basic component for the production of chemical products, carbon and composite materials.

В настоящее время в мире наблюдаются тенденции перехода к зеленой энергетике, в то же время в Российской Федерации преобладает угольная энергетическая генерация. Уголь - один из базовых экспортных продуктов Российской Федерации. Он ежегодно обеспечивает около 10 млрд. долларов валютных поступлений в страну. По объемам экспорта угля Россия занимает третье место в мире, российский уголь потребляется в 64 странах мира. Однако,

после его сжигания образуется огромное количество золошлаковых материалов (ЗШМ), которые скапливаются на территориях предприятий и электростанций, а после вывозятся в отвалы, занимая большие площади и вызывая загрязнение почв и природных вод. Разработка технологии комплексной переработки ЗШМ с извлечением ценных компонентов, в том числе редких и редкоземельных элементов поможет решить проблему переработки и утилизации этих отходов, что повлечет за собой улучшение экологической обстановки. Кроме того, переработка золы в концентрат обеспечит металлургические предприятия относительно дешевым сырьем, а для хай-тек индустрии будет получено дополнительно необходимое сырье, имеющее высокую добавленную стоимость. Однако развитие производства товарной продукции на основе переработки ЗШМ сдерживается, главным образом, отсутствием технологий, обеспечивающих одновременно экологическую безопасность, экономическую эффективность и крупнотоннажную переработку этого вида отходов [1-3].

Работы проводились с образцами угольной золы Кемеровской ГРЭС (таблица 1). Для получения концентрата, богатого редкими и редкоземельными элементами было использовано два метода, применяемых в промышленности для обогащения различных отходов химической, горной и угольной промышленности, содержащих данные элементы. Первый метод основан на последовательном осаждении посторонних компонентов из полученной в ходе растворения золы вытяжки и выделения смеси осажденных соединений редких и редкоземельных металлов. Второй – на обогащении золы методом ионной флотации. В результате проведенной работы были получены два концентрата, содержания ценных металлов в которых повышало их содержания в исходном материале до промышленно значимых (таблицы 2,3).

В дальнейшем будут реализованы другие способы комплексной переработки золошлаковых отходов для более эффективного извлечения ценных компонентов.

В настоящее время основным сырьем получения углеродных волокон являются полиакрилонитрил и каменноугольный пек, существующие технологии характеризуются экологической опасностью и высокой стоимостью [4].

Таблица 1 - Химический состав образца угольной золы Кемеровской ГРЭС

Прямой анализ – лазерный пробоотбор		Анализ экстракта	
Состав	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
SiO ₂	63,5±0,1	Sr	1,1·10 ⁻¹
TiO ₂	0,64±0,03	Zr	2,3·10 ⁻⁴
Al ₂ O ₃	23,5±0,1	Nb	7,0·10 ⁻⁴
Fe ₂ O ₃	3,3±0,6	Ga	9,0·10 ⁻⁴
MnO	0,018±0,001	Y	1,4·10 ⁻³
CaO	5,3±0,3	Mo	8,7·10 ⁻⁴
MgO	0,86±0,08	Au	1,2·10 ⁻⁴
Na ₂ O	0,97±0,06	Ag	–
K ₂ O	1,1±0,1	Eu	6,8·10 ⁻⁵
P ₂ O ₅	0,29±0,06	La	1,9·10 ⁻³
BaO	0,28±0,06	Pr	7,0·10 ⁻⁴
		Nd	1,5·10 ⁻⁴
		V	5,3·10 ⁻³

Таблица 2 - Концентрат, полученный методом ионной флотации

Прямой анализ – лазерный пробоотбор		Анализ экстракта	
Состав	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
SiO ₂	58,8±0,4	Sr	8,0·10 ⁻²
TiO ₂	0,67±0,02	Zr	2,5·10 ⁻³
Al ₂ O ₃	24,2±0,7	Nb	3,4·10 ⁻³
Fe ₂ O ₃	2,5±0,2	Ga	5,0·10 ⁻⁴
MnO	0,025±0,005	Y	2,0·10 ⁻³
CaO	6,8±0,4	Mo	1,7·10 ⁻³
MgO	1,1±0,1	Nd	5,0·10 ⁻³
Na ₂ O	1,4±0,1	V	1,5·10 ⁻²
K ₂ O	1,5±0,1	Eu	2,0·10 ⁻³
P ₂ O ₅	2,2±0,1	La	8,0·10 ⁻³
BaO	0,074±0,008	Pr	3,0·10 ⁻³

Таблица 3. Концентрат после химического выщелачивания золы

Элементарный компонент образца	Массовая доля, %
Ca	33,12
Al	14,13
Ce	0,43
Sr	0,43
Si	0,41
Fe	0,40
La	0,20

Zn	0,19
Mn	0,16
S	0,13
X (баланс)	50,40



Рис. 1 - Образцы пека, полученные при дистилляции каменноугольной смолы

Нами осуществляется проект, целью которого является разработка научных основ и создание технологии получения нового вида сырья для производства углеродных волокон методами «мягкого» воздействия на органическое вещество углей в присутствии растворителей. Эффективным и технически доступным растворителем, является антраценовая фракция каменноугольной смолы.

В результате исследований установлены оптимальные условия получения продукта терморастворения с низкой температурой размягчения (таблица 4), получены образцы экстрактивного пека (рис 1.) [5], проведено исследование качества используемой антраценовой фракции переработки каменноугольной смолы, создана установка для

проведения процесса термического растворения, изучено влияния некоторых условий проведения процесса на выход и показатели качества экстрактивного пека.

Таблица 4 - Влияние соотношения уголь: растворитель, температуры процесса на качество продуктов термического растворения

Марка угля	Соотношение антраце-новое масло / уголь	Темпера тура реакци-онной смеси, °С	Выход продук-та, %.	Тразм, °С	A ^d , %	V ^d , %	α- фракц-ия, %	α ₁ - фракц-ия, %
Г	70/30	350	69,4	58	2,1	76,4	38,7	6,2
		370	70,3	70	2,5	74,2	38,9	5,8
		400	71,6	65	1,5	76,4	32,7	3,9
	60/40	370	73,1	125	1,9	56,5	39,3	5,8
		400	74,1	127	2,5	57,2	41,3	6,5
	50/50	370	86,6	135	2,7	64,4	42,9	5,6
		400	82,2	138	2,3	60,9	45,2	23,1
	80/20	370	80,1	<30	1,2	85,2	19,5	1,9

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается дефицит высококачественного пекового сырья как для производства углеграфитовых материалов, так и для других отраслей, в том числе производства углеродных волокон.

Список использованных источников

1. Афанасьева О. В. Комплексное использование золошлаковых отходов / Афанасьева О. В., Мингалеева Г. Р., Добронравов А. Д., Шамсутдинов Е. В./ Труды высших учебных заведений. Вопросы энергетики, № 7-8. 2015. с. 26-36.
2. Пашков Г. Л. Природная угольная зола - нетрадиционный сырьевой источник редких элементов /Пашков Г. Л., Саокова С. Б., Кузьмин В. И., Пантелеева М. В., Кокорина А. Н., Линок Е. В./ Вестник Сибирского федерального университета, техника и технологии, 5. 2012. с. 520-530.
3. Салихов В. А. Научные основы и совершенствование геолого-экономической оценки полезных компонентов угольных месторождений (на примере Кузбасса), Кемерово, Кузбассвуиздат, 2008. 249 С.

4. Кузнецов П.Н., Перминов Н.В. и др. Термическое растворение каменного угля в технических пастообразователях и их смесях.// Кокс и химия. 2019. – №11. – С. 16-23.
5. Kozlov A.P., Cherkasova T.G., Frolov S.V., Subbotin S.P., Solodov V.S. Innovate Coal-Tar Products at PAO Koks // Coke and Chemistry. 2020. – V. 63. – No 7. – P. 344-350.

УДК 665.63

А.И. Николаев, Б.В. Пешнев, Д.В. Никишин
МИРЭА - Российский технологический университет

КАВИТАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА СРЕДНЕДИСТИЛЛЯТНЫХ ФРАКЦИИ НЕФТИ

Аннотация. Представлены результаты исследований влияния кавитационной обработки среднедистиллятных фракции нефти на изменение их физико-химических характеристик. Обработка нефтяных фракции осуществлялась созданием в гидродинамическом режиме явления кавитации. Кавитационное воздействие проводилось в диапазоне градиентов давлений от 20 до 50 МПа и числа циклов от 1 до 20. Показано, что эффект от кавитационного воздействия проявляется при обработке среднедистиллятных фракциях. Так, в результате воздействия снижалась плотность керосиновой и дизельной фракций, снижалась температура застывания дизельной фракции, происходит изменение фракционного состава образцов. Произошедшие изменения характеристик среднедистиллятных фракций нефти связаны с протеканием в процессе их обработки реакций крекинга и уплотнения углеводородов. Представленные в публикации результаты расширяют представления о закономерностях протекания кавитации в среде углеводородов.

На протяжении многих лет явление кавитации в технике и технологии рассматривалось как нежелательное явление [1]. Однако, по мере изучения этого явления было отмечено, что в ряде случаев, кавитационное воздействие на материал способствует улучшению его свойств [2, 3].

Особое место среди этих работ занимают исследования, направленные на изучение влияния кавитационной обработки на изменение характеристик нефти и темных нефтепродуктов. Так, в работе [4] было показано, что кавитационная обработка нефти приводит к изменению ее реологических свойств. Снижение