

УДК 662.749.314

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ЭКСТРАКЦИИ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ ТУВЫ**

*Солдуп Ш.Н., Котельников В.И., Патраков Ю.Ф., Монгуш Г.Р.*

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

Каменные угли являются самым крупным источником органического сырья. Значимость его в ближайшее время значительно возрастает в связи истощением нефти, это предопределяет возможность его использования практически во всех отраслях народного хозяйства – от элементарной бытовой печи до космических аппаратов.

Уголь – сложнейшее органоминеральное образование, и поэтому обладает разнообразными свойствами. Необходимы глубокие знания об особенностях химической структуры и реакционной способности органической составляющей углей и о роли минеральных компонентов при переработке и добыче угля.

Возросший интерес к тувинским углям из-за их высоких качеств, таких как малосернистость, высокое содержание витринита, низкая зольность стимулирует к поиску новых инновационных методов использования угля [1].

Запасы нефти исчерпываются, и нефть не может удовлетворить спрос на топливно-энергетические ресурсы. В связи с этим предлагается использовать твердое горючее топливо, т.к. запасы угля в несколько сот раз больше чем разведанные запасы нефти [4].

Перспективной технологией переработки углей, может быть сверхкритическая флюидная экстракция (СКФЭ) угля. Экстракция (от лат. *extraho* — извлекаю) — метод извлечения вещества из сухой смеси с помощью подходящего растворителя. Процесс экстракции – растворение низкомолекулярных компонентов, расположенных в порах угольного вещества, и частичное разрушение донорно-акцепторных связей, существующих между макромолекулами органической массы угля (ОМУ), и внедрение на их место молекул растворителя, т.е. разрушение надмолекулярной структуры.

Сверхкритическая флюидная экстракция представляет собой технологический процесс, основанный на уникальной 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 (флюид)).

Существует докритическая и сверхкритическая экстракция. Докритическая экстракция считается более щадящей и в основном применяется для переработки растительного сырья, используется в пищевой, парфюмерной и медицинской промышленности. Сверхкритическая экстракция более эффективна,

применяется в основном в химической, нефтедобывающей и углереперерабатывающей промышленности [3].

Целью данной работы является исследование процесса переработки угля методом СКФЭ и получения искусственного битума.

В нашей работе для эксперимента СКФЭ использовался уголь Каа-Хемского месторождения марки 2Г, второй, газовый, рядовой, класс 0-300 мм[4], в качестве растворителя использовался бензол с критическими параметрами  $T_{кр} = 152^{\circ}\text{C}$  и  $P = 3,75 \text{ Мпа}$  и гексан  $T_{кр} = 234,2^{\circ}\text{C}$  и  $P = 2,96 \text{ Мпа}$ [2].

Для проведения экспериментальных работ была разработана установка для СКФЭ угля (см. рис. 1 и 2). Схема реактора представлена на рис. 3.



Рис. 1. Опытно-экспериментальная установка для экстракции твердого топлива.

В результате исследования процесса СКФЭ были получены жидкая фракция (Ж.Ф.) и нерастворимый твердый остаток (Н.Т.О.) (см. рис. 4 и 5). Полученная жидкая фракция представляет собой углеродсодержащую смесь с растворителем, которая затем выпаривалась с целью получения искусственного битума.

Полученный н.т.о. в реакторе и полученный битум проанализировали на сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM – 1000 (см. рис. 6, 7, 8).

Для экстракции битумов, входящих в органическую часть углей, использовались растворители бензол и гексан. Предварительные результаты показывают, что содержание указанных компонентов в исследуемых углях составляет 33% и 23% соответственно. Неизвлекаемая органическими растворителями часть органической составляющей углей представляет собой гуминовые кислоты [3], которые могут быть выделены в виде гуматов щелочными растворами.

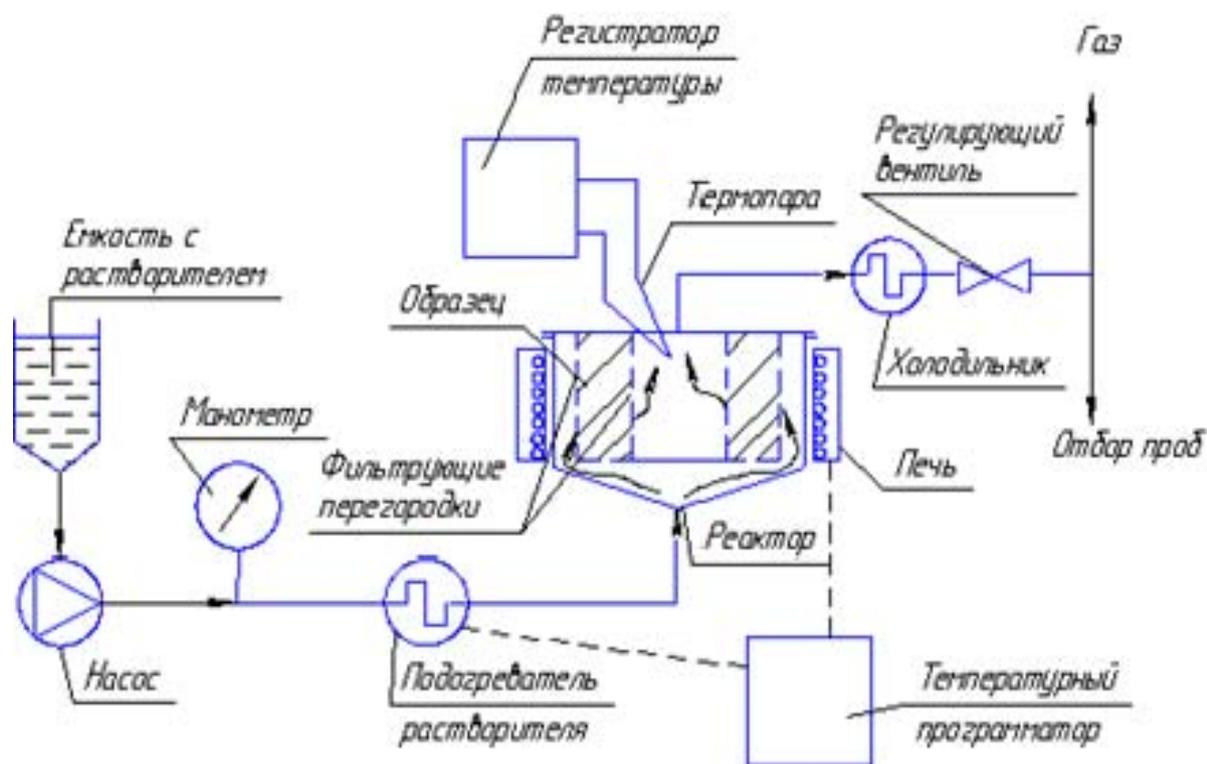


Рис. 2. Принципиальная схема установки СКФЭ.

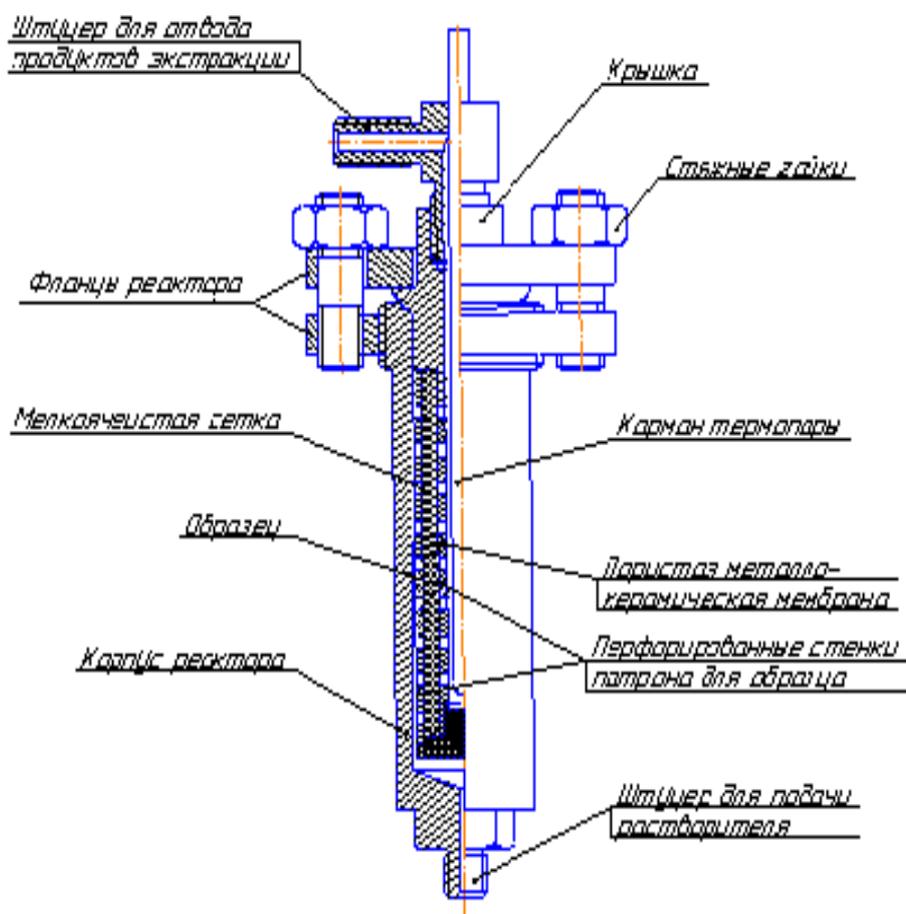


Рис. 3. Схема реактора.



Рис. 4. Жидкая фракция.



Рис. 5. Нерастворимый твердый остаток

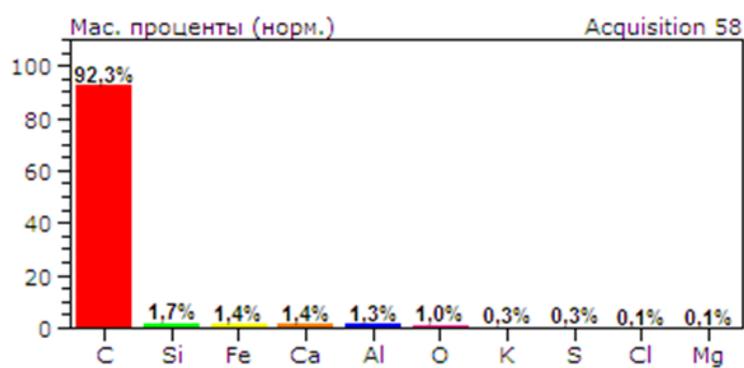


Рис. 6. Загружаемый уголь в реактор до СКФЭ.

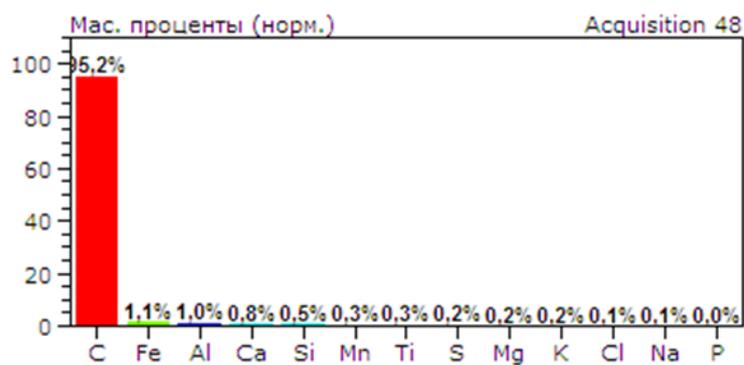


Рис. 7. Оставшийся твердый остаток в реакторе.

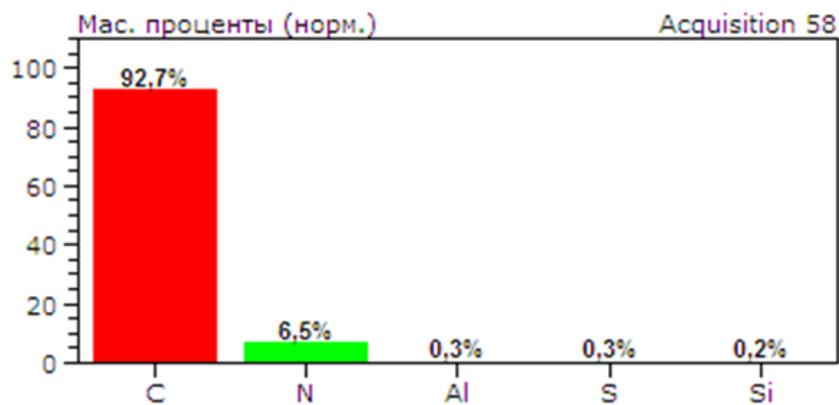


Рис. 8. Полученный битум.

Таким образом, общее содержание органической части каменных углей Каа-Хемского месторождения составляет 96%, что позволяет сделать вывод о целесообразности использования их в качестве ценного источника органического сырья [5].

Неорганическая (минеральная) часть углей, растворимая в кислотах, составляет примерно 2%. Содержание золы, определенное по стандартной методике, составляет 10%. Очевидно, что примерно 8% минеральной части каменных углей приходится на термически неустойчивые неорганические вещества, разлагающиеся при его озолении.

В ходе исследований было установлено, что тувинские угли хорошо подвергаются процессу СКФЭ. При использовании в качестве растворителя бензола получают битум в твердом виде, а в случае растворения гексаном, полученный битум имеет вязкую структуру. Искусственно полученные битумы по составу сходны с природными битумами и в перспективе могут применяться как связующее для производства электродов в алюминиевой промышленности, в дорожном строительстве, для производства битумных лаков и других битумных материалов.

### Литература

1. Балакина Г.Ф., Котельников В.И., Куликова М.П. Проблемы использования энергетических ресурсов Республики Тыва /Уголь.- 2010-№2.-с.15-17.
2. Гюльмалиев А.М., Головин Г.С., Гладун Т.Г./Теоретические основы химии угля. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 556 с.
3. Дадашева М.Н. и Абдулагатова ИМ. Сверхкритическая экстракция в процессах добычи и переработки нефти, газа и каменного угля. /Химия и технология топлив и масел,№5, 1993. – С. 31-36.
4. Лебедев Н.И. Угли Тувы: Состояние и перспективы освоения сырьевой базы /Отв. Ред. докт. геол.-мин. Наук В.И. Лебедев. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2007. – 1870 с.
5. 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. 2007. – №4. – С. 50–54.
6. Химия и переработка угля/ В.Г. Липович, Г.А, Калабин, И.В. Калечиц и др. – М.: Химия, 1988. – 336с.: ил.