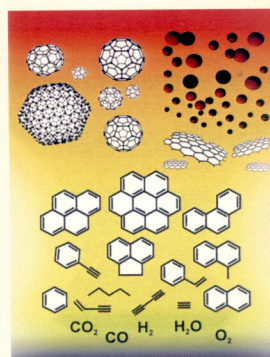
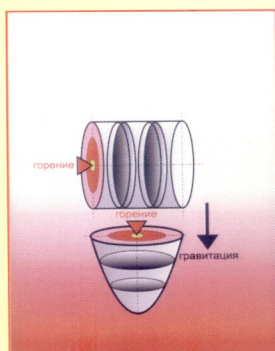




# Proceedings of the Joint International VIII Symposium “Combustion & Plasmochemistry”

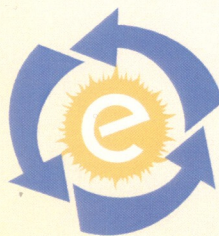
The Institute of Combustion Problem. Институт проблем горения. МОН РК - Комитет Науки



and

# Scientific & Technical Conference “Energy Efficiency-2015”

National Academy of Science of Ukraine / The Gas Institute  
Українаның Ұлттық Ғылыми академиясы / Газ Институты  
Національна академія наук України / Інститут газу



Бірлескен VIII “ЖАНУ ЖӘНЕ ПЛАЗМОХИМИЯ” халықаралық симпозиумы  
мен “ЭНЕРГИЯЛЫҚ ТИІМДІЛІК-2015” ғылыми техникалық конференциясы

Совместный VIII международный симпозиум “ГОРЕНИЕ И ПЛАЗМОХИМИЯ”  
и научно-техническая конференция “ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ-2015”

September, 16-18, 2015, Almaty, Republic of Kazakhstan



## КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА НИЗКОСОРТНЫХ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ В ПЛАЗМЕННОМ РЕАКТОРЕ

**В.Е. Мессерле<sup>1,2</sup>, А.Б. Устименко<sup>3</sup>, К.А. Умбеткалиев<sup>1</sup>, Р.В. Баймуллин<sup>4</sup>,**

<sup>1</sup> Институт проблем горения, Казахстан, 050012, Алматы, ул. Богенбай батыра, 172

<sup>2</sup> Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. академика Лаврентьева, 1

<sup>3</sup> ТОО «НТО Плазмотехника», Казахстан, 050010, Алматы, ул. Зверева, 22, [ust@physics.kz](mailto:ust@physics.kz)

<sup>4</sup> Физико-технический факультет КазНУ им. Аль-Фараби, Казахстан, 050040, Алматы, ул. Аль-Фараби, 71

### Аннотация

Представлена комплексная плазмохимическая технология переработки твердых топлив. Выполнены термодинамические и экспериментальные исследования этой технологии, позволяющей получить из органической массы угля синтез-газ, а из минеральной массы – ценные компоненты (технический кремний, ферросилиций, алюминий и карбосилиций, а также микроэлементы редких металлов: уран, молибден, ванадий).

С экологической точки зрения плазменная комплексная переработка углей для получения синтез-газа из органической массы угля (ОМУ) и ценных компонентов из минеральной массы угля (ММУ) наиболее перспективна. Ее сущность состоит в нагревании угольной пыли электродуговой плазмой, являющейся окислителем, до температуры полной газификации, при которой ОМУ превращается в экологически чистое топливо – синтез-газ, свободный от частиц золы, оксидов азота и серы. Одновременно происходит восстановление оксидов ММУ углеродом коксового остатка и образование ценных компонентов, таких как технический кремний, ферросилиций, алюминий и карбосилиций, а также микроэлементы редких металлов: уран, молибден, ванадий [1].

Численный анализ выполнен с помощью универсальной программы термодинамических расчетов TERRA [2]. На рис.1 представлен характерный равновесный состав газовой (а и б) и конденсированной (с) фаз при плазменной комплексной переработке Экибастузского каменного угля зольностью 40 % и теплотой сгорания 16632 кДж/кг. Состав смеси: 100 кг угля + 40,25 кг пара. Газовая фаза продуктов представлена главным образом синтез-газом, концентрация которого достигает при 1500 К 99 об.%. Суммарная концентрация атомарного и молекулярного водорода, изменяясь в диапазоне 48 – 59 %, выше концентрации СО во всем диапазоне температур. С увеличением температуры концентрация монооксида углерода снижается с 47 % при 1500 К и до 34 % при 4000 К. Большая часть компонентов ММУ начинает переходить из конденсированной фазы (рис. 1 с) в газовую (рис. 1 б) при температуре выше 1500 К и полностью переходят в газовую фазу при температуре выше 2600 К.

Удельные энергозатраты монотонно возрастают от 1 кВт ч/кг при температуре 1000 К до 6,9 кВт ч/кг при 4000 К. Степень газификации достигает 100% при температурах, превышающих 1800К.

Плазменная комплексная переработка углей для получения синтез-газа и ценных компонентов из минеральной массы углей исследовалась на универсальной экспериментальной установке, схема которой представлена на рис. 2.

Специализированный плазменный реактор для комплексной переработки углей позволяет осуществлять процессы термической переработки углей с получением синтез-газа (смеси СО+Н<sub>2</sub>) из органической части топлива и ценных компонентов (SiC, FeSi и др.) из