

VIII

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СИМПОЗИУМ
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ
ПЛАЗМОХИМИИ

ISTAPC

2018

VIII

INTERNATIONAL
SYMPOSIUM
ON THEORETICAL AND APPLIED
PLASMA CHEMISTRY

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Российская академия наук

Федеральное агентство научных организаций

Научный совет РАН по проблеме «Физика низкотемпературной плазмы»

Российский фонд фундаментальных исследований

Ивановский государственный химико-технологический университет

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН

Объединенный институт высоких температур РАН

Институт химии растворов РАН

Объединенное физическое общество Российской Федерации

Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева

VIII Международный симпозиум по теоретической и прикладной плазмохимии

XV Школа по плазмохимии для молодых ученых России и стран СНГ

10 – 15 сентября 2018 г., Иваново, Россия

СБОРНИК ТРУДОВ

Иваново 2018

УДК 533.9 + 541.1

Proceedings of the VIII International Symposium on Theoretical and Applied Plasma Chemistry (September 10–15, 2018. Ivanovo, Russia). Published by Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Russia, 2018 - 168 p.

VIII Международный симпозиум по теоретической и прикладной плазмохимии. (10 – 15 сентября 2018 г., Плёс, Россия): сборник трудов/ Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 2018. – 168 с.

Сборник содержит расширенные тезисы пленарных, секционных и стендовых докладов, представленных на VIII Международном симпозиуме по теоретической и прикладной плазмохимии и XV Школе по плазмохимии для молодых ученых России и стран СНГ по следующим направлениям:

- **КИНЕТИКА, ТЕРМОДИНАМИКА И МЕХАНИЗМЫ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**
- **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**
- **ПОРОШКИ, ПЛЕНКИ, ПОКРЫТИЯ, МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ПОЛУЧЕНИЕ В ПЛАЗМЕ (ВКЛЮЧАЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ), СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ. ПЛАЗМЕННАЯ МЕДИЦИНА И БИОЛОГИЯ**
- **ОРГАНИЧЕСКИЙ И НЕОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ГАЗОФАЗНЫХ И ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРОДУКТОВ**
- **ГЕНЕРАТОРЫ ПЛАЗМЫ И ДИАГНОСТИКА РЕАГИРУЮЩЕЙ ПЛАЗМЫ**
- **ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И АППАРАТОСТРОЕНИЕ**

Материалы представляют интерес для специалистов, работающих в области плазмохимии, а также для преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Симпозиум поддержан Российским фондом фундаментальных исследований (проект 18-02-20101)

Материалы публикуются в авторской редакции

Составители сборника: Смирнов С.А., Иванов А.Н.

© Ивановский государственный
химико-технологический университет, 2018

Газификация твердых бытовых отходов в плазменном реакторе

Gasification of solid household waste in a plasma reactor

Мессерле¹ В.Е., Моссе² А.Л., Устименко³ А.Б., Баймулдин³ Р.В., Умбеткалиев¹ К.А.
Messerle V.E., Mosse A.L., Ustimenko A.B., Baymuldin R.V., Umbetkaliev K.A.

¹ *Институт проблем горения МОН РК, КазНУ им. аль-Фараби, Республика Казахстан*
Email: ust@physics.kz

² *Институт тепло-массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси, Республика Беларусь*
Email: mosse@itmo.by

³ *НИИ экспериментальной и теоретической физики КазНУ им. аль-Фараби,
ТОО «НТО Плазмотехника», Республика Казахстан,*
Email: ust@physics.kz

В настоящей работе представлены результаты термодинамического анализа и экспериментов по получению высококалорийного синтез-газа плазменной газификацией твердых бытовых отходов (ТБО). Максимальный выход синтез-газа при плазменной газификации ТБО в воздушной и паровой средах достигается при температуре 1600К. При воздушно-плазменной газификации ТБО может быть получен высококалорийный синтез-газ с концентрацией 82.4% (СО – 31.7%, Н₂ – 50.7%), а при паро-плазменной газификации - с концентрацией 94.5% (СО – 33.6%, Н₂ – 60.9%). Удельная теплота сгорания синтез-газа, полученного при воздушной газификации составляет 3410 ккал/кг, а при паровой – 4640 ккал/кг. При оптимальной температуре (1600 К) удельные энергозатраты на воздушную газификацию ТБО составляют 1.92 кВт ч/кг, а на паровую газификацию – 2.44 кВт ч/кг. Этот высококалорийный газ может быть использован в качестве рабочего тела газо-турбинных и газо-поршневых установок для генерирования электроэнергии.

Проблема переработки и уничтожения твердых бытовых отходов (ТБО) различного происхождения, включая медико-биологические, продолжает оставаться весьма актуальной. Плазменная газификация является наиболее перспективной технологией переработки ТБО [1-4]. В настоящей работе представлены результаты термодинамического расчета и экспериментов по получению высококалорийного синтез-газа плазменной газификацией ТБО. Характерный состав ТБО: бумага и картон - 36%, пищевые отходы - 21%, стекло - 2%, железо и его оксиды – 3%, пластмассы - 13%, древесина - 5%, резина, кожа и другие горючие вещества - 16%, текстиль - 2%, карбонат кальция - 2%.

Расчеты плазменной газификации ТБО выполнены с использованием программы TERRA, для следующих составов исходной технологической смеси: 1) 10 кг ТБО + 4 кг воздуха; 2) 10 кг ТБО + 1 кг водяного пара.

На рис. 1 показано изменение концентраций газообразных компонентов в зависимости от температуры воздушной и паровой газификации ТБО. В обоих случаях с увеличением температуры концентрация синтез-газа (СО+Н₂) увеличивается до максимального значения при температуре Т=1600 К. При воздушной газификации ТБО максимальная концентрация синтез-газа достигает 82.4% (СО – 31.7%, Н₂ – 50.7%), а при паровой газификации – 94.5% (СО – 33.6%, Н₂ – 60.9%). Концентрация окислителей (СО₂+Н₂О) при этой температуре не превышает 0.15% (рис. 1 а, б). При дальнейшем повышении температуры концентрация синтез-газа незначительно снижается в связи с появлением в газовой фазе атомарного водорода (Н), концентрация которого достигает 10.3% при воздушной и 11.3% при паровой газификации ТБО (Т=3000 К). Концентрация балластирующего газа азота (N₂) остается практически постоянной в температурном интервале 1200 – 3000 К, составляя 15% (рис. 1 а) и 3.4% (рис. 1 б). Концентрация хлористого водорода (HCl) мало изменяется в рассматриваемом интервале температур, варьируясь от 1.2 до 1.6% в обоих процессах. До температуры Т=1900 К сера представлена сероводородом (H₂S), который при повышении температуры диссоциирует на серу (S) и атомарный водород (H). При температуре выше 1600 К в газовой фазе появляется хлорид кальция (CaCl₂), железо (Fe), моноксид кремния (SiO) и хлор (Cl) с суммарной концентрацией менее 1%. Из сравнения рис. 1 а и 1 б следует, что при паровой газификации концентрация синтез-газа выше на 12.1%, а концентрация балластирующего газа азота меньше на 11.6%.