

**Сведения о ходе выполнения проекта по Соглашению № 14.607.21.0077 от
20.10.2014 г.**

(Руководитель проекта, кандидат физ-мат наук Б.В.Потапкин)

1. В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.607.21.0077 от 20.10.2014 г. (Универсальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI60714X0077) Минобрнауки в рамках в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса на 2014-2020 годы» по теме «Разработка энергоэффективной и ресурсосберегающей технологии получения химических продуктов, в том числе моторного топлива и ароматических углеводородов, на основе термохимических жидкофазных металл-оксидных циклов» на этапе 3 «Изготовление отдельных узлов лабораторных установок. Изготовление и экспериментальные исследования опытных образцов катализаторов» выполнялись следующие работы:

- сборка и наладка лабораторной установки превращения различных типов углеродсодержащего сырья в синтез-газ;
- сборка и наладка лабораторной установки превращения полученного синтез-газа в химические продукты;
- изготовление экспериментальных образцов углеродсодержащего сырья различного агрегатного состояния;
- проведение предварительных экспериментальных исследований на лабораторной установке превращения различных типов углеродсодержащего сырья в синтез-газ, а также на лабораторной установке превращения полученного синтез-газа в химические продукты;
- разработка лабораторного регламента превращения различных типов углеродсодержащего сырья (техногенные и угольные отходы, промышленные и попутные газы, нефтяные отходы, гудроны, мазут и т.д.) в синтез-газ за счет применения термохимических металл-оксидных циклов;
- разработка лабораторного регламента превращения полученного синтез-газа в химические продукты, в частности в углеводородные топлива и др.;
- разработка математической модели процесса конверсии углеродсодержащего сырья в синтез-газ в расплаве тяжелого металла;
- разработка технических решений и аппаратурного оформления процесса выделения водорода из углеводородсодержащих смесей для схемных и технологических решений разработанного процесса получения химических продуктов из различных видов углеводородного сырья.

При этом были получены следующие результаты:

Выполнена сборка и наладка лабораторных установок превращения различных типов углеродсодержащего сырья в синтез-газ и превращения полученного синтез-газа в химические продукты.

Определены параметры процесса газификации углеродсодержащего сырья различного агрегатного состояния (нефтешлам, гудрон, уголь, метан) и окислителя (вода, воздух) в расплаве металла.

Определены технические показатели процесса получения оксигенатов на катализаторе синтеза метанола состава, % масс. ZnO – 25,10; CuO – 64,86; Al₂O₃ – 10,04 смешанным с катализатором дегидратации метанола γ - Al₂O₃ при различных способах загрузки катализаторов, также технические показатели процесса синтеза моторных топлив и ароматических углеводородов из оксигенатов с использованием опытного цеолитсодержащего катализатора.

Разработаны «Лабораторный регламент превращения различных типов углеродсодержащего сырья (техногенные и угольные отходы, промышленные и попутные газы, нефтяные отходы, гудроны, мазут и т.д.) в синтез-газ за счет применения термохимических металл-оксидных циклов» и «Лабораторный регламента превращения полученного синтез-газа в химические продукты, в частности в углеводородные топлива и др.».

Для описания физико-химических процессов, происходящих, в расплавленном реакторе разработаны три математические модели: "пузырьковая" и 2-х фазная модель функции уровня и 2-х фазная модель в приближении метода объёма жидкости. Результаты пробных расчётов в рамках разработанной математической модели соответствуют известным данным о поле течений и тепловых потерях в аналогичных установках типа металлургического конвертера. Комбинация результатов в рамках "пузырьковой", 2-х фазной модели функции уровня и 2-х фазной модели в приближении метода объёма жидкости в нынешней конфигурации позволяет рассчитать основные физические характеристики расплавной технологии.

На основании полученных результатов показано, что для широкого спектра видов углеродсодержащего сырья содержание синтез-газа в выходящей газовой фракции продуктов процесса газификации в расплаве металла достаточно близко к термодинамически равновесному составу (свыше 90%). Установлено, что десульфурисуемый флюс поглощает в себя до 90% удаляемого количества серы содержащейся в исходном сырье.

Результаты полученные на смешевых катализаторах в ходе конверсии синтез-газа с низким соотношением $H_2/CO=1$, неблагоприятным для синтеза оксигенатов показывают, что конверсия CO за один проход при трёхслойной загрузке катализаторов может достигать значения 53,8%. Показано также, что в каскаде из 3-х реакторов при работе на синтез-газе с $H_2/(CO-CO_2) < 2$ (от 1,67 до 1,9) можно получать выход метанола на пропущенный синтез-газ от 75% до 82%. При проведении реакции конверсии метанола в углеводороды при температурах 350-370⁰С, P=3-10 атм и W=0,8-1,2 ч⁻¹ при полной 100% конверсии метанола наблюдается высокий выход бензина на у/в часть метанола. который достигает значений 75,5 %.

2. Полученные результаты использованы для написания двух статей, - статьи «ПЛАЗМЕННО-РАСПЛАВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ» направленной в редакцию журнала «Химия твёрдого топлива» и статьи «ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ДМЭ ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА НА СМЕШЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ» направленную в редакцию журнала «Катализ в промышленности», а также для подачи заявки на изобретение на «Способ получения метанола и углеводородов бензинового ряда из синтез-газа» Рег. № 2015152838 от 09.12.2015.

3. На этапе 3 роль индустриального партнёра заключалась в софинансировании проекта в необходимом объёме – проведение работы по пункту 3.9 плана-графика исполнения обязательств «Разработка технических решений и аппаратурного оформления процесса выделения водорода из углеводородсодержащих смесей для схемных и технологических решений разработанного процесса получения химических продуктов из различных видов углеводородного сырья».

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчётном этапе исполненными надлежащим образом.