

Этап 4 (заключительный)

Основные результаты

Общей целью выполнения научных исследований по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.616.21.0036 являлось развитие новых перспективных направлений исследований и прикладных разработок в РФ за счет привлечения к совместным работам ведущих международных специалистов. Цель проекта – разработка научных основ технологии непрерывного многостадийного синтеза в сверхкритических спиртах наноматериалов на основе смешанных оксидов церия-циркония с нанесенным металлическим никелем Ni/CeO₂-ZrO₂ с контролируемыми параметрами, такими, как: размер частиц смешанного оксида, его структура, кислородная подвижность, высокая дисперсность никеля и его сильное взаимодействие с носителем.

В итоге проведения совместных исследований с иностранным партнером (Институт химии и процессов энергетики, окружающей среды и здоровья, Страсбург, Франция) получены следующие результаты:

1. Впервые методом непрерывного синтеза в сверхкритической спиртовой среде получены наноматериалы на основе никеля, нанесенного на сложные смешанные оксиды церия-циркония. Различные Ni/CeO₂-ZrO₂ наноматериалы синтезированы путем изменения важнейших параметров синтеза: природы сверхкритической среды, соотношения Ce/Zr, содержания Ni. Показано, что таким образом удалось контролировать такие свойства как удельная поверхность (50-90 м²/г после прокаливания при 600оС), размер частиц (нанодомены оксида 10-30 нм), дисперсность металла (кластеры Ni 1 нм) и его состояние сильного взаимодействия со смешанным оксидом, высокую подвижность кислорода.

2. Установлены зависимости параметров диффузии кислорода в нанокompозитных материалах от их состава, кислородной стехиометрии, реальной/дефектной структуры, характерных размеров доменов и плотности доменных границ, границы раздела металл-оксид, степень взаимодействия металл-оксид. Определены химический состав, электронное строение наноматериалов Ni/CeO₂-ZrO₂ при различных температурах и составе реакционной смеси, их каталитические свойства в реакции углекислотной конверсии метана (УКМ).

3. На основе наноматериалов Ni/CeO₂-ZrO₂ разработаны высокоэффективные и стабильные к зауглероживанию катализаторы реакции УКМ, являющейся одной из самых перспективных реакций зеленой химии, позволяющей превратить парниковые газы в ценное химическое сырье. Образцы катализатора оптимального состава обеспечивают конверсию метана более 80 % (в стехиометрической смеси с CO₂ при температуре 750 оС и времени контакта 0,1), что соответствует лучшим характеристикам нанокompозитных катализаторов на основе сложных оксидов со структурами перовскита или флюорита, промотированных Ru, Ni.

4. Изучен механизм реакции УКМ на данных катализаторах, оценены константы ключевых стадий.

Все результаты, полученные в рамках данного проекта, являются новыми и оригинальными. Выполнены все требования, предъявляемые к работам проекта по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.616.21.0036.

Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Подготовлена заявка на международный патент «Способ приготовления катализатора для углекислотной конверсии метана».

Возможные формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Полученные результаты являются основой для дальнейших практических исследований с целью их использования в энергетике, химико-технологическом комплексе. Разработаны предложения и рекомендации по реализации (коммерциализации) полученных результатов, вовлечению их в хозяйственный оборот.

Руководитель работ по проекту, заведующий лабораторией ИК СО РАН, д.х.н.

В.А. Садыков