

Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 4

Номер Соглашения Электронного бюджета: 075-02-2018-1134, Внутренний номер соглашения 14.583.21.0014

Тема: «Улучшенные функционализированные кремневые аэрогели и полученные на их основе углеродные композиты: экспериментальные исследования и численное моделирование»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: 01.02.2016 - 30.06.2019

Плановое финансирование проекта: 18.00 млн. руб.

Бюджетные средства 9.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 9.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева"

Иностраный партнер: Швейцарская федеральная лаборатория материаловедения и технологий

Ключевые слова: Кремневые аэрогели, композиты органика-неорганика, пористая структура, химический синтез, численное моделирование, теплопроводность, механические свойства, сорбция воды

1. Цель проекта

Проект направлен на разработку композиционных кремний-органических и кремний-углеродных материалов для таких областей применения как теплоизоляционные материалы, материалы для сорбции паров воды и отдельных газов, а также на разработку математического описания для прогнозирования механических и сорбционных свойств названных материалов при известных текстурных характеристиках.

Разработка и последовательная отработка лабораторных методик с целью оптимизации условий синтеза и получения органически модифицированных кремневых аэрогелей, условий их высокотемпературной обработки в отсутствие кислорода (пиролиз органической составляющей) с целью последующей формулировки технических требований для разработки регламента на производство композиционных материалов. Разработка математического описания и проведение численного моделирования механических и сорбционных свойств полученных композиционных материалов с целью получения математического аппарата и его программной реализации, как инструмента для проведения прикладных поисковых исследований в области создания композиционных материалов с заданными свойствами.

2. Основные результаты проекта

В 2018 г наработаны и проведены испытания партий образцов гибридных кремний-органических аэрогелей (композитов), кремний-углеродных композитов. Проведена корректировка лабораторной методики получения кремний-углеродных композитов. Сформулированы технические требования для разработки регламента на производство гибридных кремний-органических аэрогелей (композитов) в оптимальных условиях. Разработаны математические модели сорбции газов, алгоритмы, выполнена программная реализация и проведены вычислительные эксперименты. Так же проведены вычислительные эксперименты с применением математической модели термических и механических свойств. Разработан проект технического задания на проведения ОКР по созданию новых типов продукции. Проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96.

Были получены следующие значимые результаты:

1. Образцы М1-2, М1-4, М1-5 - М1-8, М2-1 - М2-4 обеспечивают сорбцию CO₂ при околонулевых температурах более 1,2 ммоль/г, при этом падение сорбционной емкости по результатам испытаний, включающих 10 циклов сорбции-десорбции) не превышает 7%;
2. Образцы М4-6, М4-7, М4-8 и М4-17 обеспечивают сорбцию CO₂ при температурах 30 С и 70 С не менее 1,6 и 2,0 ммоль/г соответственно, при этом падение сорбционной емкости по результатам испытаний, включающих 10 циклов сорбции-

десорбции) не превышает 7%;

3. Образец М4-20 имеет максимальную сорбционную емкость по модельному углеводороду (циклогексану), которая составила 108 %. Образец М4-17 показал сорбционную емкость равную 62 %, а образцы М4-11, М4-22 и М4-23 – в интервале 52-55 %. При этом сорбционная емкость сохранилась на протяжении 10 циклов сорбции-десорбции циклогексана;

4. Образцы М5-2 (ЧС/600) и М5-4 (ЧС/800) могут использоваться в качестве теплоизоляционной добавки в песчанно-цементных смесях в объеме до 5 масс. %;

5. Образцы М6-44 - М6-51 имеют сорбционную емкость по азоту более 4 см³/г, а сорбционную емкость по аргону – более 15 см³/г. В условиях конкурентной адсорбции из смеси газов преимущественно адсорбируется аргон (коэффициент разделения лежит в интервале от 2 до 5,15), следовательно, полученные сорбционные материалы могут применяться для разделения газов;

6. Образцы КУК (М6-44 - М6-51) могут применяться в качестве сорбентов для изготовления датчиков на бурый газ и его аналоги, а после их кислотной активации образцы М6-44КА, М6-45КА, М6-49КА, М6-51КА могут применяться в качестве сорбентов для изготовления датчиков на аммиак и его аналоги: имеется устойчивое значимое снижение сопротивления образцов при адсорбции газов. Все образцы показали предел обнаружения газа не менее 1 % по NO₂, NH₃.

7. Образцы М6-44 и М6-48 показали высокую сорбционную емкость около точки насыщения (при влажности более 95 %). Эти образцы могут применяться для сорбции паров влаги в тепловых насосах сорбционного типа.

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

На этапе 4 получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2018619224 от 02.08.2018 на "Модуль расчета процесса пиролиза в кремний-органических аэрогелях ("Пиролиз-2")", страна патентования (РФ).

На предыдущих этапах получены свидетельства о регистрации программы для ЭВМ №2017662230 от 01.11.2017 "Модуль расчета процесса пиролиза в кремний-органических аэрогелях", страна патентования (РФ), и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2017661992 от 25.10.2017 на "Модуль генерации кремний-органических аэрогелей с закрытыми порами", страна патентования (РФ).

4. Назначение и область применения результатов проекта

Разрабатываемые композиционные материалы предназначены для применения в качестве теплоизоляционных материалов, сорбентов (пары воды, газы), материалов для датчиков. Внедрение результатов работы позволит производить экономно энергии, затрачиваемый на подогрев помещений в случае теплоизоляционных материалов, производить рекуперацию тепла при их использовании в качестве сорбентов паров воды в тепловых насосах сорбционного типа, снизить нагрузку на окружающую среду за счет извлечения СО и СО₂ газов из выбросов. Полученные результаты могут быть использованы в качестве основы для проведения ОКР.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Внедрение результатов работы позволит производить экономно энергии, затрачиваемый на подогрев помещений в случае теплоизоляционных материалов, производить рекуперацию тепла при их использовании в качестве сорбентов паров воды в тепловых насосах сорбционного типа, снизить нагрузку на окружающую среду за счет извлечения СО и СО₂ газов из выбросов.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Разработанные в рамках проекта композиционные материалы предназначены для применения в качестве теплоизоляционных материалов, сорбентов (пары воды, газы), материалов для датчиков и являются востребованными на современном рынке с точки зрения импортозамещения.

7. Наличие соисполнителей

На IV этапе выполнения работ в качестве соисполнителя был привлечен ООО «ИНТЦ ПОИСК».

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева"

Ректор

(должность)

Мажуга А.Г.

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

руководитель Международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических и биотехнологий

(должность)

Меньшутина Н.В.

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)

М.П.