



Исследования
и разработки
Москва 2016

Приоритетное направление:
Индустрия наносистем

Программное мероприятие:
2.1 Проведение исследований в рамках международного многостороннего и двустороннего сотрудничества

Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы»

Соглашение № 14.583.21.0014 от 30 ноября 2015 г. на период 2016 - 2018 гг.

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

Руководитель проекта: проф., д.т.н. Меньшутина Н.В.

Получатель субсидии

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

Иностранный партнер

Швейцарские федеральные лаборатории материаловедения и технологий (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Empa)

Основной вид деятельности: научные разработки

Роль в проекте:

Проведение экспериментальных исследований по получению функционализированных кремневых аэрогелей и углеродных композитов на их основе для применения в тепловых насосах. Аналитические исследования свойств полученных материалов. Математическое моделирование процесса сорбции паров воды полученными материалами.

Цели и задачи проекта

1. Двухсторонние прикладные исследования в области композиционных материалов, а именно, получение органически модифицированных аэрогелей на основе диоксида кремния и их пиролиз для получения кремний-углеродных композитов, включая комплексные аналитические исследования полученных образцов.
2. Исследование методов получения и последовательная отработка методик с целью оптимизации условий синтеза и условий их высокотемпературной обработки в отсутствие кислорода, разработка лабораторных методик их получения и формулировки технических требований для разработки регламента на производство композиционных материалов.
3. Разработка математического описания и проведение численного моделирования механических и сорбционных свойств.

Перспективы практического использования

Перспективными областями применения разрабатываемых в рамках проекта высокопористых кремний-органических гибридных аэрогелей и кремний-углеродных композитов на их основе являются:

1. Изоляционные материалы с низкой теплопроводностью, малым весом, плотностью и высокими шумоизоляционными свойствами.
2. Материалы для систем детектирования с высокими избирательной способностью и сорбционной емкостью.
3. Материалы для сорбционных тепловых насосов.

Возможными потребителями ожидаемых результатов будут являться:

- строительные компании, применяющие теплоизоляционные и шумоподавляющие материалы, а также использующие в целях рекуперации тепла тепловые насосы;
- производители датчиков для обнаружения превышения уровня или утечки газов, а также колонок для очистки газов от примесей.

Ожидаемые результаты проекта

1. Результаты патентных исследований в предметной области.
2. Лабораторные методики функционализированных/прошитых кремний-органических гибридных материалов и методики их обработки методом пиролиза для получения кремний-углеродных композитов.
3. Результаты исследований полученных образцов кремний-органических и кремний-углеродных гибридных материалов, включая анализ микро и мезоструктуры, термических и механических свойств, сорбционной емкости по газам и водным парам, и других исследований.
4. Математические модели термических и механических свойств, сорбции газов и водяных паров и результаты вычислительного эксперимента.
5. Техническое задание на разработку регламента на производство композиционных материалов.

Текущие результаты проекта

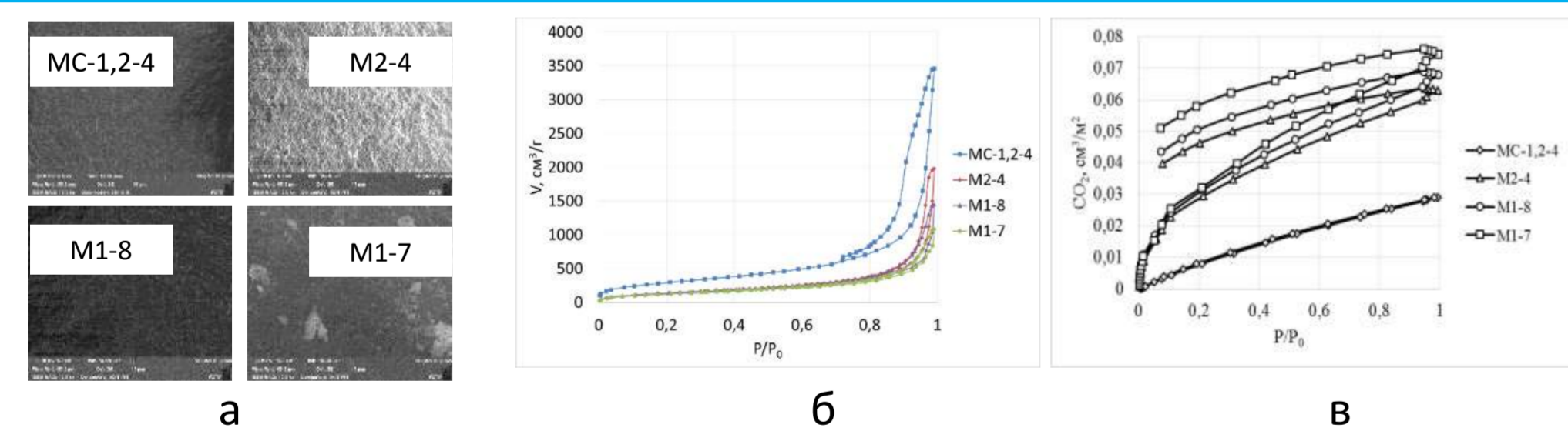


Рисунок 1 - Функционализированные кремневые аэрогели:
а – изображение внутренней структуры; б – изотермы сорбции азота;
в – изотермы сорбции CO₂

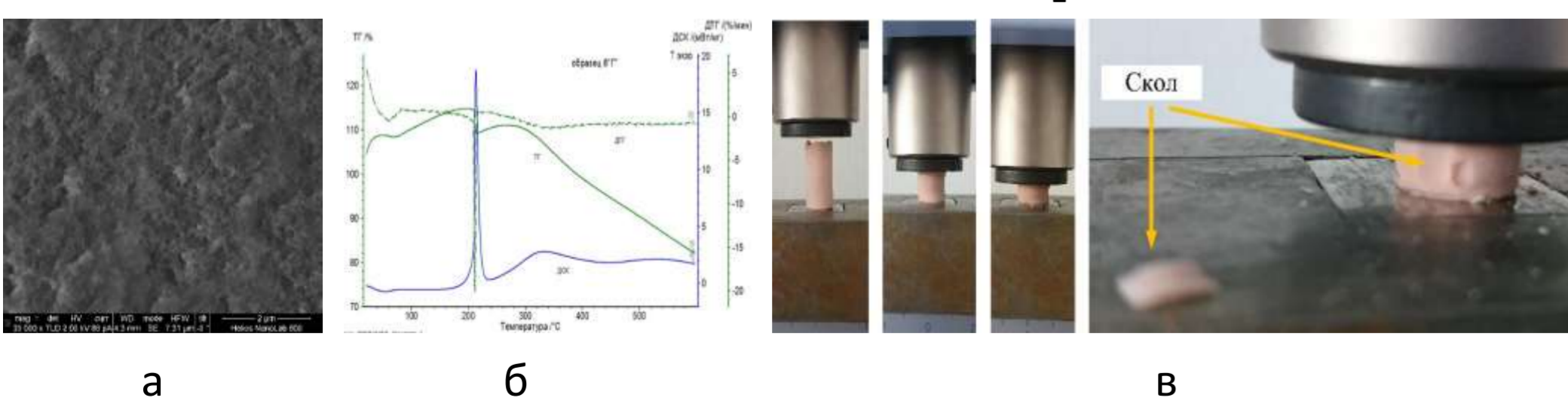


Рисунок 2 – Кремний-резорцинол-формальдегидный аэрогель:
а – изображение внутренней структуры; б – термограмма; в – тест на сжатие

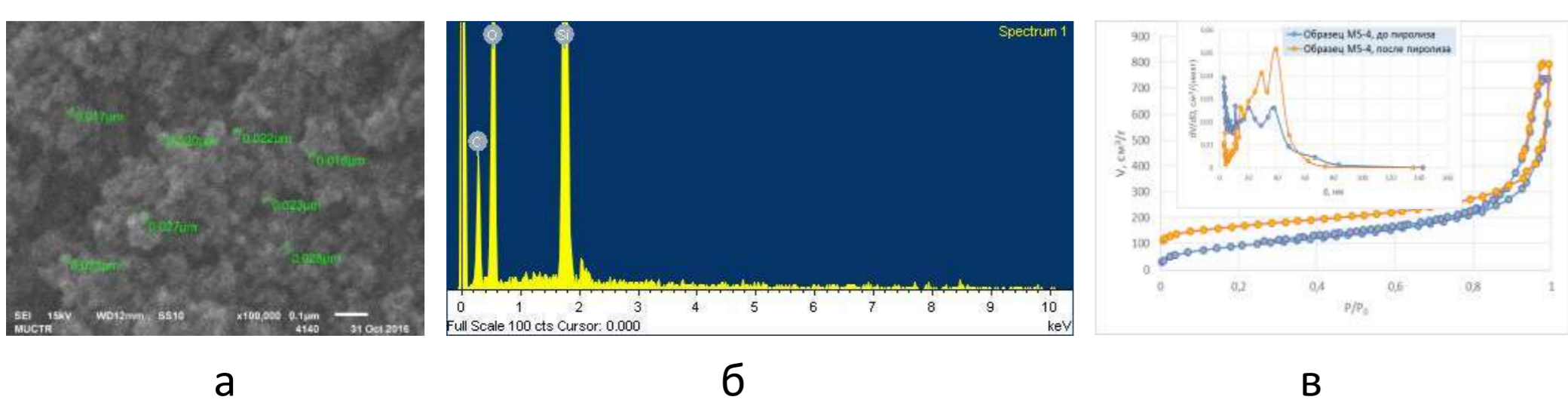


Рисунок 3 – Кремний-углеродный композит: а - изображение внутренней структуры; б – элементный анализ; в – изотермы сорбции и РПР

В ходе проведения работ на первом этапе были наработаны образцы материалов. Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели полученных образцов:

1. сорбционная емкость первой партии функционализированных кремневых аэрогелей по углекислому газу при температуре 273 К составила 0,8-1,3 ммоль/г;
2. кажущаяся и истинная плотности, порозность первой партии кремний-органических аэрогелей колеблется в следующих интервалах значений: 1,33-1,65 г/см³, 0,07-0,18 г/см³, 86-95 % соответственно;
3. модуль упругости для образцов кремний-органических аэрогелей М5-1, М5-2, М5-3, М5-4 составил 1,01 Н/мм², 1,21 Н/мм², 1,43 Н/мм² и 8,24 Н/мм² соответственно;
4. удельная площадь поверхности, общий объем пор и объем микропор лежит в следующих интервалах значений: 330-560 м²/г, 0,34-1,8 см³/г, 0,13-0,21 см³/г, соответственно.

На текущий момент продолжают аналитические исследования образцов, полученных на первом этапе, изготовлены новые образцы материалов по скорректированным и новым методикам и ведутся их аналитические исследования.

Разработана модель генерации структур кремний-органических композитов, основанная на методе агрегации, ограниченной диффузией со множеством центров. Проводится ее адаптация для учета особенностей образования полимерных связей в процессе золь-гель перехода. Иностранным партнером были проанализированы особенности золь-гель перехода для органических систем и для кремневых систем, выделены возможные пути совместного гелеобразования, получена первая и вторая партия образцов композитов, проведен пиролиз. Продолжаются аналитические исследования.