

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Шарикова Феликса Юрьевича** на тему: «Развитие научных основ гидротермальной технологии получения дисперсных неорганических материалов», представленной на соискание ученой степени **доктора технических наук** по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ

Актуальность темы. Диссертация Шарикова Ф.Ю., представленная к защите, посвящена важной и актуальной теме - развитию *in situ* метода исследования и моделирования процессов гидротермального синтеза дисперсных неорганических материалов с использованием калориметрии Кальве для поиска оптимальных технологических условий проведения и масштабирования таких реакций в аппаратах-автоклавах. Экспериментальные исследования кинетики химических превращений необходимы для получения адекватной математической модели реакции, и в ряде случаев именно *in situ* методы контроля параметров реакции дают результат. Предложенная методология исследования была проверена на гидротермальных реакциях синтеза различных объектов, представляющих как теоретический, так и практический интерес в плане применения материалов на их основе (наноразмерные оксиды, сложные фосфаты, слоистые гидросиликаты). Полученные результаты по калориметрии гидротермальных реакций, фазовому составу и морфологии продуктов - подтверждают эффективность развитого подхода решения как фундаментальных, так и технологических прикладных задач. Автор предложил весьма эффективный и сравнительно доступный инструмент для поиска условий реализации конкретного гидротермального процесса в реакторе-автоклаве на основе кинетической модели тепловыделения и решение на этой основе проблемы масштабирования гидротермального синтеза для аппаратов без перемешивания с учетом конвективных потоков. Предложена принципиальная технологическая схема организации опытного гибкого производства функциональных дисперсных материалов с использованием результатов исследования и моделирования.

Структура и содержание работы. В Главе 1 проведен анализ известных на настоящее время спектроскопических и дифракционных методов *in situ* исследования и контроля гидротермальных процессов. Показано, что эти методы имеют определенные фундаментальные ограничения, при этом дифракционные методы, востребованные для решения материаловедческих задач, требуют наличия мощных источников рентгеновского или нейтронного излучения и уникального оборудования. Калориметрия теплового потока позиционирована как универсальный и сравнительно доступный инструмент *in situ* исследования кинетики химических превращений в гидротермальных условиях. Сделан краткий обзор коммерчески доступных калориметров и рассмотрены особенности кинетического анализа калориметрических данных с использованием современных методов численного решения «жестких» систем дифференциальных уравнений кинетической модели при заданных начальных условиях.

В качестве объектов исследования (Глава 2) были выбраны функциональные материалы различных классов и реакции их получения. Выбор объектов обоснован как интересом в

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-66 от 12.04.2018
АУ УС

отношении исследования фундаментальных закономерностей формирования наноразмерных материалов различной химической природы и морфологии в гидротермальных условиях, так и их востребованностью в плане практического применения.

Был получен обширный экспериментальный материал (Глава 3) по исследованию кинетики гидротермальных реакций с использованием калориметрии теплового потока, предложены и обоснованы формально-кинетические модели для математического описания полученных закономерностей, выявлена взаимосвязь между морфологией продуктов и природой прекурсоров гидротермальных реакций (Глава 4). Убедительно показано, что естественная конвекция является движущей силой тепло- и массообмена в реакторах-автоклавах без перемешивания, за счет чего в гидротермальных условиях формируется сложное поле температур и концентраций (Глава 5). Для учета этого был разработан подход к масштабированию гидротермальной технологии получения дисперсных материалов при переходе от исследовательского микрореактора к аппаратам большего объема с учетом этих конвективных потоков. Развитый в работе подход к исследованию и моделированию гидротермальных реакций был применен при получении наноструктурированных добавок в цементный клинкер для уменьшения времени схватывания и повышения конечной прочности бетона. Для синтезов автор использовал лабораторный реактор-автоклав, а технологические режимы были выбраны на основании кинетических исследований и моделирования процесса в таком автоклаве.

Содержание работы опубликовано в изданиях из перечня ВАК и изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus, Web of Science. Тематика и уровень изданий соответствует научной специальности, по которой защищается диссертация. Автореферат оформлен в соответствии с требованиями соответствующих Положений о присуждении ученых степеней, принятых в Горном университете.

Замечания по автореферату:

1. В автореферате не указано, происходила ли оценка тепловых эффектов от фазовых превращений веществ (например, испарения воды при высоких температурах) при решении обратных кинетических задач путем измерения изменения тепловых потоков реакции в калориметрах Кальве.
2. В автореферате представлены уравнения химических реакций образования простых оксидов (ZnO , TiO_2), но для более сложных соединений, например, хризотила $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ и $LiFePO_4$ эта информация, к сожалению, не дана.
3. С чем связана разница в подходах в решении обратной кинетической задачи при получении хризотила $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ в водном и щелочных растворах: почему в случае образца с предысторией В была использована формально-кинетическая модель, включающая стадию обобщенного автокатализа, а в случае образца с предысторией А - формальная модель N-го порядка.
4. В п.5 основных результатов работы указано влияние применения таких физических методов воздействия, как ультразвуковая обработка прекурсоров на их свойства, однако в основной части автореферата эти данные не представлены.

Автореферат дает представление о содержании, структуре и объеме диссертации. Полученные автором результаты, безусловно, представляют значительную ценность при

создании гибкой технологии получения функциональных неорганических материалов с использованием гидротермального синтеза и предоставляют в распоряжение материаловедов и технологов инструмент и алгоритм проведения исследования для решения поставленной задачи. Сделанные замечания не снижают положительную оценку работы и не оказывают влияния на ее научную и практическую ценность.

В заключении по автореферату можно сделать вывод, что диссертация «Развитие научных основ гидротермальной технологии получения дисперсных неорганических материалов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук, отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Шариков Феликс Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ.

Главный научный сотрудник лаборатории кинетики и катализа, кафедра физической химии Химического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

профессор, доктор химических наук

Иванова Ирина Игоревна

«06» апреля 2022 г.

Ivanova@phys.chem.msu.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

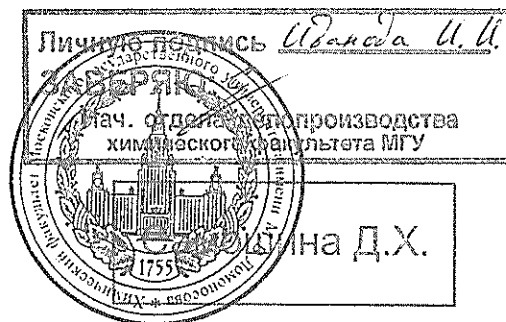
Почтовый адрес: 119991 г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, дом 1, строение 3, МГУ, химический факультет

Официальный сайт в сети Интернет: www.msu.ru, www.chem.msu.ru

e-mail: info@rector.msu.ru

Телефон: +7 (495) 939-10-00, +7 (495) 939-35-70

Подпись **Ивановой Ирины Игоревны** заверяю



М.П.