

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертационной работе Куватовой Резеды Зигатовны  
«Кристаллизация, физико-химические и каталитические свойства гранулированных цеолитов структурного типа MOR с иерархической пористой структурой», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия

**Актуальность.** Морденит представляет собой перспективный с точки зрения применения в катализе материал. Особенностью предлагаемых автором синтетических цеолитов является наличие в них пор различного размера: микро и мезопор, в то время как у классических цеолитов имеются лишь микропоры строго определённого размера. Наличие транспортных мезопор у катализаторов крайне важно, так как улучшает процессы массообмена. Поэтому в актуальности работы Р.З. Куватовой сомневаться не приходится.

**Научная новизна** определяется совокупностью полученных в работе новых научных результатов. Данная работа является пилотной по применению морденитов с содержащим мезопоры поровым пространством в качестве катализаторов. Автор подробно изучила процессы кристаллизации морденитов, и достоверно установила механизм образования мезопор в кристаллической структуре морденита. Показана возможность удаления катионов натрия и алюминия из кристаллической структуры морденита, что приводит к образованию более высокоиерархичного порового пространства.

**Практическая значимость** работы несомненна по причине успешного применения автором катализаторов на основе морденитов с развитым поровым пространством для катализа реакции гидроизомеризации бензола и гептана с высоким выходом.

**Достоверность** полученных результатов подтверждается логичностью и обоснованностью сделанных выводов, набором современных методов химического анализа, а также практическими результатами по применению синтезированных морденитов в качестве эффективных катализаторов.

Диссертация состоит из введения и четырёх глав: литературного обзора, экспериментальной части, а также двух глав, посвящённых результатам и их обсуждению. В конце работы присутствуют выводы и список цитируемой литературы из 86 наименований. Объем защищаемой работы составляет 111 страниц и включает 19 таблиц и 28 рисунков.

**Во введении** автором показана актуальность, научная новизна и практическая значимость работы; сформулированы цель и задачи исследования, приведены аргументы в пользу достоверности полученных данных.

**В литературном обзоре** описаны строение и физико-химические свойства морденитов. Автором показано, что закономерности кристаллизации морденита и методики его синтеза с

различной степенью кристалличности на настоящий момент изучены достаточно подробно, однако отсутствуют данные о влиянии условий синтеза на дисперсность кристаллов. Показаны способы синтеза цеолитов, имеющих не только микропоры, но и более крупные поры. Анализ научных публикаций по теме диссертации свидетельствует, что использование в качестве катализаторов морденитов, содержащих как микро- так и мезопоры, практически не было реализовано. В то же время, такие катализаторы должны обладать улучшенным массообменом. По этой причине считаю цели и задачи диссертационной работы Куватовой Р.З. актуальными, а проведение диссертационного исследования – обоснованным.

**В Экспериментальной части** проведено описание методики синтеза морденитсодержащих материалов с использованием различных затравок. Приведены условия синтеза 3 образцов морденитов с различным строением порового пространства. Далее, на основе полученных образцов были приготовлены катализаторы реакции гидроизомеризации модельной смеси бензола и гептана. Для определения элементного состава использовались методы титриметрии и пламенно-фотометрическим методом. Применялись методы РСА, СЭМ и ЯМР. Набор используемых методов позволил должным образом охарактеризовать образцы. Подробно описана методика измерения поровых характеристик полученных образцов, а также способы проверки их каталитической активности.

**Третья глава** посвящена обсуждению результатов синтеза морденитов высокой кристалличности. Изучена кинетика массообмена между жидкой и твердой фазой при их кристаллизации. Описан механизм формирования мезо- и микропор в синтезированном образце.

**Четвёртая глава** содержит в себе результаты работы по изменению свойств цеолита MORmmm постсинтетической обработкой. Корректировка структуры морденита проводилась путём декатионирования, в первую очередь, удалении катионов  $\text{Na}^+$  и замены их на катионы  $\text{H}^+$ . Деалюминирование кристаллической решётки морденита выполнялось с помощью лимонной кислоты. Установлено, что эффективность данной процедуры достигала 98%. Проведено успешное испытание предложенных автором образцов морденитов в качестве катализаторов. Найдены экспериментальные условия, при которых происходит полная конверсия бензола и гептана в реакции гидроизомеризации.

#### **Вопросы и замечания по диссертационной работе:**

1. Не совсем понятно, что такое «белая» сажа и какова её роль в синтезе морденитсодержащих материалов? И почему данный материал называется «сажей»?
2. В чём различие между кристаллической и коллоидной затравками? Что выступало в роли кристаллической и коллоидной затравок?
3. Какова роль силиката натрия в синтезе морденитов?
4. В разделе 3.3.2. приведены данные по размеру и общему объёму мезопор, но почему-то для микропор есть данные только об общем объёме?

5. Неудачное название Главы 4: Модифицирование физико-химических свойств цеолита MORmmm постсинтетическими обработками. Модифицирование бывает в отношении объекта (например, модифицирование цеолита). Для физико-химических свойств более корректным считаю применять слово «изменение».

6. Мелкие грамматические и стилистические ошибки.

Данные замечания и вопросы не являются принципиальными и не снижают высокую положительную оценку диссертационной работы Куватовой Резеды Зигатовны. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. По теме диссертации опубликовано 3 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ и тезисы 8 докладов. Содержание диссертации полностью отражено в публикациях. Выводы являются обоснованными и отражают все полученные автором научные результаты.

Считаю, что диссертационное исследование Куватовой Резеды Зигатовны представляет собой зрелую научно-квалификационную работу, которая выполнена на высоком уровне и содержит решение задач, имеющих значение для развития физической химии. Тематика работы полностью соответствует паспорту специальности 02.00.04 – физическая химия (п. 3. «Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях» и п. 7 «Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов, физикохимическая гидродинамика, растворение и кристаллизация»).

Таким образом, по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости, достоверности результатов и сделанных выводов диссертационная работа «Кристаллизация, физико-химические и каталитические свойства гранулированных цеолитов структурного типа MOR с иерархической пористой структурой» соответствует требованиям п. 9-14 постановления Правительства от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Куватова Резеда Зигатовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

Официальный оппонент  
доцент кафедры аналитической химии  
химического факультета  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
Башкирский государственный университет,  
кандидат химических наук,  
специальность 02.00.04 – Физическая химия  
450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32,  
тел. 89899588221; e-mail: guscov@mail.ru

Гуськов Владимир Юрьевич

