



ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Травкиной Ольги Сергеевны

«Гранулированные цеолиты А, X, Y, морденит и ZSM-5 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой: синтез, свойства и применение в адсорбции и катализе», представленную на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.14 – «Кинетика и катализ»

1. Актуальность темы диссертационного исследования

В числе приоритетов Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации №642 от 1 декабря 2016 года, определен переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, а также переход к новым материалам. Данные направления тесно связаны друг с другом. Прорыв в энергетической области не возможен без разработки и внедрения новых эффективных технологий, которые, в свою очередь, должны базироваться на материалах нового поколения, сочетающих в себе оптимальные характеристики и уникальные свойства. Примером таких материалов служат цеолиты различных структурных типов. Они находят применение в составе других стратегически важных материалов – адсорбентов и катализаторов, без которых не мыслимо функционирование современной химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Таким образом, разработка технологий производства отечественных цеолитсодержащих композиций позволит обеспечить технологическую независимость Российской Федерации по целому ряду отраслевых направлений. В диссертационном исследовании Травкиной О.С. рассмотрены особенности синтеза цеолитов пяти типов (А, X, Y, морденит и ZSM-5), изучены закономерности формирования иерархических материалов высокой степени кристалличности, а также продемонстрированы преимущества их применения на практике в сравнении с аналогами. Адсорбционные свойства вновь созданных материалов изучены применительно к процессам осушки и очистки природного газа от примесей серосодержащих соединений и углекислого газа. Среди каталитических процессов рассмотрены трансалкилирование диэтилбензолов и бензола в этилбензол, олигомеризация различных олефинов, синтез пиридинов и хинолинов, а также гидроизомеризация бензол-гептановой смеси. В связи с этим, актуальность диссертационной работы Травкиной О.С. не вызывает сомнений.

2. Научная новизна полученных результатов

Цеолиты и цеолитсодержащие материалы известны достаточно давно и находят широкое применение в адсорбционных и каталитических процессах. Наиболее востребованными для промышленного использования являются гранулированные цеолитсодержащие материалы, что обуславливает необходимость введения в их состав связующих веществ. В диссертационной работе Травкиной О.С. предложен новый подход к синтезу гранулированных цеолитов А, X, Y, морденит и ZSM-5 с иерархической пористой структурой без использования связующих веществ. В основе подхода лежит кристаллизация при повышенных температурах в растворах силиката натрия предварительно сформованных и прокаленных гранул, содержащих кристаллы порошкообразного цеолита требуемого структурного типа и частицы природных или синтетических аморфных алюмосиликатов. Получаемые таким образом гранулы обладают уникальной пористой структурой и содержат, помимо микропор, мезо- и макропоры, формирование которых обусловлено неполным срастанием кристаллов различных размеров.

Для процесса кристаллизации гранул в единые сростки кристаллов цеолитов автором впервые предложен стадийный механизм, включающий частичное растворение аморфных алюмосиликатов при их взаимодействии с полигидрооксикомplexами натрия с образованием водорастворимых комплексов кремния и алюминия, превращение образовавшихся комплексов кремния и алюминия в силикаалюмогидрогель и кристаллизацию силикаалюмогидрогеля по механизму ориентированного наращивания на кристаллах цеолита, содержащихся в исходных гранулах.

Травкиной О.С. впервые применен систематический подход к изучению процессов обмена катионов натрия на катионы калия, лития, магния, кальция и лантана в гранулированных цеолитах А и X. Установлено, что при трехкратной обменной обработке цеолитов достигаются максимальные значения степеней обмена, сохраняются высокие степени кристалличности, фазовая чистота и характеристики вторичной пористой структуры. Полученные цеолиты после ионообменных обработок демонстрируют высокую эффективность при осушке и очистке природного газа от серосодержащих соединений и CO_2 .

Для гранулированных цеолитов Y, морденит и ZSM-5 определены условия постобработок, позволяющие получить максимальную концентрацию «сильных» кислотных центров. Показано, что комбинированная термопаровая и кислотная обработка

цеолитов позволяет увеличить их модуль за счет dealюминирования кристаллического каркаса при неизменной степени кристалличности.

На основе синтезированных гранулированных цеолитов разработаны высокоэффективные катализаторы для процессов трансалкилирования диэтилбензолов и бензола в этилбензол, олигомеризации различных олефинов, получения пиридинов трехкомпонентной реакцией спиртов с формальдегидом и аммиаком, 2-метил-5-этилпиридина взаимодействием ацетальдегида с аммиаком, гидроизомеризации смеси бензол/н-гептан, синтеза хинолинов взаимодействием анилина с глицерином.

3. Практическая и теоретическая значимость результатов работы

Диссертационная работа Травкиной О.С. имеет большую теоретическую и практическую значимость. Автором получен и проанализирован впечатляющий массив экспериментальных данных, что позволило установить ряд закономерностей, представляющих фундаментальный интерес. В частности, проведенные кинетические исследования массообмена между жидкой и твердой фазами реакционных смесей при кристаллизации цеолитов позволили автору предложить стадийный механизм кристаллизации гранулированных цеолитов. Помимо этого, детально изучено влияние процессов постсинтетической обработки гранулированных цеолитов (катионных обмен, декатионирование, dealюминирование) на их химический и фазовый состав, кислотные свойства и характеристики пористой структуры. Для практики диссертационная работа представляет интерес, поскольку в ней разработаны научные основы синтеза гранулированных цеолитов А, X, Y, морденит и ZSM-5 без использования связующих веществ. Показано, что конечные свойства цеолитов могут контролируемо варьироваться путем подбора оптимальных постсинтетических процедур. Продемонстрировано, что синтезированные материалы перспективны для применения в ряде адсорбционных и каталитических процессов, поскольку существенно превосходят аналоги, полученные традиционными методами. О высоком потенциале практического применения результатов диссертационного изыскания также свидетельствуют 17 патентов Российской Федерации и 3 акта внедрения результатов научно-исследовательских работ на ООО «Ишимбайский специализированный химический завод катализаторов».

Результаты диссертации могут быть востребованы на производственных предприятиях химического и нефтехимического комплекса, а также в научных и образовательных организациях, выполняющих разработки новых адсорбентов,

катализаторов и адсорбционно-каталитических технологий для решения широкого круга задач (ИОХ РАН, ИК СО РАН, ИНХС РАН, ФИЦ ПХФ и МХ РАН, МГУ, ТГУ и др.).

4. Оценка содержания и оформления диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, списка условных сокращений, списка литературы и трёх приложений. Работа изложена на 332 страницах машинописного текста, содержит 93 рисунка, 115 таблиц и 16 схем. Список литературы включает 307 оригинальных источника.

Во *введении* автор обосновывает актуальность работы по разработке перспективных для практической реализации способов приготовления гранулированных цеолитов А, X, Y, морденит и ZSM-5 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой и созданию на их основе высокоэффективных адсорбентов, а также катализаторов для процессов переработки углеводородного сырья. Далее автор обозначает степень разработанности темы диссертационной работы и ее соответствия паспорту заявленной специальности, формулирует цели и задачи. Во введении также представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы; описаны методология и методы исследования; обозначены степень достоверности полученных результатов, апробация результатов работы и личный вклад автора, а также приведены научные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации представляет собой литературный обзор. Глава состоит из трех разделов и заключения. В первом разделе рассмотрены способы синтеза гранулированных цеолитсодержащих адсорбентов и катализаторов. Начальной стадией приготовления гранулированных цеолитсодержащих материалов является синтез высокодисперсных цеолитов. Особое внимание автор уделяет параметрам кристаллизации алюмосиликатных цеолитов, оказывающим влияние на кинетику кристаллизации, а также физико-химические характеристики получаемых материалов. Описаны особенности приготовления гранулированных цеолитов со связующим материалом. Далее детально рассматриваются условия синтеза гранулированных цеолитов без связующих веществ и возникающие при этом проблемы и сложности. В отличие от высокодисперсных цеолитов, в синтезе цеолитов без связующих веществ широкое применение находит сырье природного происхождения. К сожалению, пористая структура таких материалов сформирована преимущественно из микропор, поэтому в проточных системах при малых временах контакта они являются менее эффективными, чем гранулированные цеолиты со связующим материалом. Все это обуславливает актуальность разработки перспективных

для практической реализации способов приготовления гранулированных цеолитов. Второй и третий разделы посвящены соответственно адсорбционным процессам осушки, очистки и разделения газовых и жидких сред на цеолитсодержащих адсорбентах и каталитическим процессам переработки углеводородного сырья на цеолитсодержащих катализаторах. Наиболее крупнотоннажными областями применения адсорбентов на основе цеолитов А и Х являются осушка и очистка от сернистых соединений и диоксида углерода различных газовых и жидких сред. Цеолитсодержащие катализаторы находят широкое применение в нефтехимии и органическом синтезе благодаря уникальным молекулярно-ситовым свойствам и термической стабильности, а также возможности создания и регулирования силы и концентрации кислотных центров за счет изменения структурного типа и химического состава.

Во *второй главе* описана экспериментальная часть диссертационного исследования. Глава состоит из восьми разделов и заключения. В первом и втором разделах автор приводит методики синтеза порошкообразных цеолитов А, Х, Y, морденита и ZSM-5 и гранулированных цеолитов на их основе. В третьем разделе раскрыты условия приготовления катионообменных форм гранулированных цеолитов А и Х. В трех последующих разделах описаны условия декатионирования и деалюминирования гранулированных цеолитов NaY, NaMOR и NaZSM-5. Методики физико-химических исследований, а также методики исследования адсорбционных и каталитических свойств полученных цеолитов представлены в седьмом и восьмом разделах главы.

Третья глава диссертации, состоящая из двух разделов и заключения, посвящена разработке способов кристаллизации порошкообразных и гранулированных цеолитов А, Х, Y, морденита и ZSM-5 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой. Первый раздел сфокусирован на синтезе порошкообразных цеолитов А, Х, Y, морденита и ZSM-5 с использованием каолинов. Проведено сравнительное исследование физико-химических свойств каолинов различных месторождений и установлено, что данные каолины и полученные из них метакаолины близки по многим параметрам, за исключением фракционного состава. Также в данном разделе продемонстрировано, что с использованием каолинов или синтетического алюмосиликата можно синтезировать порошкообразные цеолиты А, Х, Y, морденит и ZSM-5 высокой степени кристалличности и фазовой чистоты. Следует отметить, что для каждого структурного типа цеолитов соответствующий подраздел главы содержит результирующую блок-схему синтеза высокодисперсного цеолита с указанием оптимальных параметров синтеза. Во втором разделе третьей главы представлены результаты синтеза гранулированных цеолитов.

Особое внимание уделено способам регулирования пористой структуры, исследованию процесса кристаллизации цеолитов и изучению кинетики массообмена между жидкой и твердой фазами реакционных смесей в условиях кристаллизации. На основании анализа полученных результатов автором разработан систематический подход для получения гранулированных цеолитов А, Х, Y, морденит и ZSM-5 с иерархической пористой структурой. Важной находкой диссертационного исследования является то, что только при кристаллизации гранул, в которых содержание кристаллической составляющей не меньше содержания аморфной части, возникают достаточно высокие степени пересыщения по зародышам и происходит срастание наноразмерных кристаллов цеолита, что приводит к формированию мезопор. Установлен стадийный механизм кристаллизации гранулированных цеолитов. Он включает в себя постепенное растворение аморфного алюмосиликата при его взаимодействии с полигидрооксокомплексами натрия с образованием водорастворимых комплексов кремния и алюминия, их превращение в силикаалюмогидрогель натрия и кристаллизацию последнего по механизму ориентированного наращивания на кристаллах цеолита, содержащихся в исходных гранулах.

Четвертая глава диссертации посвящена разработке цеолитсодержащих адсорбентов на основе цеолитов A_{mmm} и X_{mmm} для осушки и очистки природного газа. Глава состоит из двух разделов и заключения. В первом разделе представлены результаты систематического исследования влияния ионообменных обработок (обмен катионов Na^+ на катионы K^+ , Li^+ , H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и La^{3+}) на химический и фазовый состав и характеристики пористой структуры цеолитов. Показано, что в результате трех обменных обработок цеолитов можно достичь максимальные значения степеней обмена при сохранении высокой степени кристалличности и фазовой чистоты. Характеристики вторичной пористой структуры гранул цеолитов при этом практически не изменяются. Частичная аморфизация кристаллической решетки цеолитов A_{mmm} и X_{mmm} наблюдалась лишь в случае приготовления HNa -форм со степенью обмена более 0.5 термообработкой NH_4Na -форм. Далее, синтезированные цеолиты в различных катионообменных формах были протестированы в осушке и очистке природного газа. Результаты тестов и их анализ представлены во втором разделе главы. Изучены равновесные адсорбционные емкости обменных форм цеолитов по углекислому газу, парам воды, *n*-гептана и бензола, а также их адсорбционные активности при осушке и очистке природного газа от примесей сероводорода и углекислого газа. Показана перспективность применения разработанных цеолитных адсорбентов в промышленно-важных процессах.

Пятая глава повествует о результатах работы по разработке катализаторов на основе цеолитов Y_{mmm} , MOR_{mmm} и $ZSM-5_{\text{mmm}}$ для различных процессов нефтехимии и органического синтеза. Глава состоит из двух разделов и заключения. В первом разделе описаны результаты детального изучения влияния постсинтетических обработок (декатионирования и деалюминирования) на химический и фазовый состав, кислотные свойства и характеристики пористой структуры цеолитов. На основе зависимости степени декатионирования кристаллических решеток цеолитов от количества ионообменных обработок в растворах хлорида аммония с последующей термообработкой при 540-550 °С определены условия приготовления данных цеолитов с максимальной концентрацией «сильных» кислотных центров. Систематическое изучение процедур удаления алюминия из каркаса цеолитов при взаимодействии с растворами лимонной кислоты, водяным паром при 500-540 °С и комбинированной обработке позволило установить ряд закономерностей. В частности, было показано, что кислотная обработка не подвергнутых термопаровой обработке образцов приводит к их деалюминированию и частичной аморфизации кристаллической решетки. Комбинированная обработка цеолитов позволяет увеличить модуль цеолитов при неизменной степени их кристалличности за счет деалюминирования кристаллического каркаса. Это приводит к увеличению объема мезопор в цеолите, уменьшению концентрации кислотных центров и возрастанию их силы. Второй раздел посвящен исследованию каталитических свойств цеолитов Y_{mmm} , MOR_{mmm} и $ZSM-5_{\text{mmm}}$. Показано, что катализатор на основе Y_{mmm} в Н-форме эффективен в процессах трансалкилирования диэтилбензолов и бензола в этилбензол, олигомеризации различных олефинов, синтеза пиридинов мультикомпонентной реакцией спиртов с формальдегидом и аммиаком и получения 2-метил-5-этилпиридина взаимодействием ацетальдегида с аммиаком. Использование деалюминированного цеолита MOR_{mmm} в Н-форме, промотированного 0.3 мас.% Pt, в процессе гидроизомеризации смеси бензол/н-гептан позволяет увеличить выходы метилциклопентана и изогептанов. Показана перспективность применения каталитической системы $ZSM-5_{\text{mmm}}$ в Н-форме для синтеза хинолина и его производных взаимодействием анилина с глицерином.

В *заключении* и *выводах* Травкина О.С. приводит обобщение полученных результатов диссертационного исследования. Следует отметить, что представленные выводы являются максимально детальными и конкретными.

5. Вопросы и замечания

В работе представлен достаточно объемный массив информации, что обуславливает большое количество вопросов и замечаний:

1. При анализе современного состояния научной проблемы по теме исследования автор часто прибегает к источникам десятилетней давности.
2. Не все методики, перечисленные в экспериментальной части, описаны достаточно детально. Например, имело бы смысл дать описание метода определения прочности гранул. Расчетные формулы имело бы смысл пронумеровать.
3. Вопросы по третьей главе:
 - 3.1. Неясно, как соотносятся между собой данные, представленные в таблицах 3.5. и 3.6. Почему для всех метакаолинов после термической обработки при 600 °С значения адсорбционных емкостей по парам воды (A_{H_2O}) равны 10 мг/г, а для этих же каолинов (140 °С) и метакаолинов (650 °С) значения уже существенно меньше?
 - 3.2. На стр. 97 автор постулирует, что состав реакционной смеси, из которой кристаллизуется цеолит А высокой степени кристалличности и фазовой чистоты, равен $2.4Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2.4SiO_2 \cdot 60H_2O$. Однако в итоговой схеме на Рисунке 3.4 для SiO_2 указан диапазон 2.0-2.2. Аналогичное замечание касается Рисунка 3.30 и текста, ему предшествующего;
 - 3.3. На Рисунках 3.11 и 3.18 представлены снимки СЭМ. Имело бы смысл указать, при каких конкретно условиях были получены данные образцы цеолитов;
 - 3.4. Как можно объяснить, что в результате синтеза цеолита X (Таблица 3.16) и цеолита Y (Таблица 3.22) при разных реакционных условиях были получены материалы с полностью идентичными характеристиками (SK , A_{H_2O} , $A_{C_6H_6}$)?
 - 3.5. На стр. 137 автор пишет, что для получения цеолита ZSM-5 высокой степени кристалличности необходимо использовать не менее 5 мас.% кристаллической затравки, хотя из данных Рисунка 3.28, следует, что необходимо 10 мас.%;
 - 3.6. Почему значения $A_{C_6H_6}$ в Таблицах 3.38 (строка 4) и 3.39 (строка 5), соответствующие одному и тому же образцу, не совпадают?
 - 3.7. С чем связаны отличия в ИК-спектрах образцов HMOR и HMOR_{mmm(60)}, представленных на Рисунке 3.41а?

4. Вопросы по четвертой главе:

- 4.1. В большинстве случаев значения адсорбционной емкости у гранулированных образцов ниже, чем у высокодисперсных образцов, что автор логично объясняет внутридиффузионными ограничениями в гранулах цеолитов. Поскольку цеолиты представляют собой сростки наноразмерных кристаллов, то часть внутрикристаллического пространства становится недоступной для молекул адсорбата. Почему эта закономерность нарушается для цеолита LiNaX (Таблица 4.19)?
- 4.2. На основании чего сделано заключение, что замена катионов Na^+ на катионы Mg^{2+} на 45 % позволяет увеличить доступность больших полостей цеолита, что приводит к повышению адсорбционной активности по H_2S по сравнению с Na-формой? Из данных Таблицы 4.23 следует, что адсорбционная активность образца MgNaA ниже.
- 4.3. Имело бы смысл проиллюстрировать в виде схемы влияние катионного обмена на скорость диффузии H_2S , доступность внутрикристаллических полостей цеолита и появление кислотных центров.
- 4.4. В Таблице 4.24 представлены данные сравнительных испытаний гранулированных адсорбентов. Основной недостаток этой таблицы в том, что данные представлены в обобщенном виде. Но даже в таком виде численные показатели для динамических емкостей существенно превышают ранее представленные значения. Следует обратить внимание, что использована размерность $\text{мг}/\text{см}^3$. С учетом насыпной плотности $0.66 \text{ г}/\text{см}^3$ эти значения оказываются еще более завышенными. Например, максимальное значение D_{CO_2} было получено для цеолитов CaNaA_{mmm} и находится на уровне 95 $\text{мг}/\text{г}$ (Рисунок 4.21). Неясно, откуда появился интервал значений 104-118 $\text{мг}/\text{см}^3$. Эти же цифры с другой размерностью (104-118 $\text{мг}/\text{г}$) далее появляются в первом выводе.

5. Вопросы по пятой главе:

- 5.1. ИК-спектры адсорбированного пиридина для цеолитов 0.75HNa-Y-m-S (Рисунок 5.4б) и HZSM-5_{mmm} (Рисунок 5.7(2)) полностью идентичны. Почему различаются численные значения концентраций БЦК и ЛЦК?
- 5.2. В разделе 5.2.2 имело бы смысл привести схему реакции. Иначе неясно, какую роль играют термодинамические ограничения осуществления реакции гидрирования

бензола до циклогексана, упоминаемые при интерпретации полученных результатов.

6. Часть замечаний носят технический характер:

- 6.1. При описании степени разработанности темы имело бы смысл указать ссылки на упомянутые работы;
- 6.2. На стр. 46 представлены табличные данные, не оформленные в виде таблицы;
- 6.3. Подпись к Рисунку 4.6 требует корректировки;
- 6.4. При нумерации таблиц допущена ошибка – Таблица 4.24 встречается на стр. 230 и 235;
- 6.5. В тексте имеется ряд опечаток (стр. 19, 23, 31, 76, 78, 83, 128, 133, 160, 166, 167, 168, 201, 213, 226, 229, 230 и 232);
- 6.6. Повторы текста присутствуют на стр. 65 и 273-274;
- 6.7. Пунктуационные ошибки встречаются на стр. 22, 27, 44, 47, 69, 125, 137, 183 и 233;
- 6.8. В ряде случаев, в тексте приведены численные значения, не соответствующие таковым в таблицах (стр. 138, 149, 282);
- 6.9. Две ссылки в списке литературы, 181 и 222, оформлены некорректно и являются дублирующими.

7. К содержанию автореферата также имеются замечания:

- 7.1. Автором допущены ошибки при нумерации рисунков и таблиц. Например, отсутствуют Таблица 12 и Рисунок 9;
- 7.2. На Рисунке 8а представлена зависимость адсорбционной активности по углекислому газу от типа обменного катиона в цеолите A_{mmm} . Значение для цеолита $CaNaA_{mmm}$ не соответствует значению, представленному в тексте диссертации (Рисунок 4.21). Аналогично, несколько значений на Рисунке 8б автореферата превосходят таковые, представленные на Рисунках 4.22 и 4.23 диссертации.

Сделанные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы и значимости сделанных выводов. Материалы диссертации прошли апробацию на 17 российских и международных научных конференциях, а также были опубликованы в виде 2 глав книг и 31 статьи в рецензируемых научных изданиях. Практическая значимость работы подтверждена 17 патентами Российской Федерации. По своему содержанию диссертационная работа Травкиной Ольги Сергеевны «Гранулированные цеолиты А, Х, Y, морденит и ZSM-5 высокой степени кристалличности с иерархической пористой

структурой: синтез, свойства и применение в адсорбции и катализе» соответствует паспорту специальности 1.4.14 – «Кинетика и катализ» по п. 3 «Поиск и разработка новых катализаторов и каталитических композиций, усовершенствование существующих катализаторов для проведения новых химических реакций, ускорения известных реакций и повышения их селективности» и п. 5 «Научные основы приготовления катализаторов. Строение и физико-химические свойства катализаторов. Разработка и усовершенствование промышленных катализаторов, методов их производства и оптимального использования в каталитических процессах».

6. Достоверность и обоснованность результатов работы

Достоверность полученных автором экспериментальных результатов и обоснованность выносимых на защиту положений и выводов подтверждается применением современных физико-химических методов исследования и высокотехнологичного оборудования с современным программным обеспечением. Результаты проведенного исследования хорошо согласуются с современными физико-химическими представлениями в области синтеза цеолитсодержащих материалов, а также с экспериментальными данными, описанными в литературных источниках.

Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают содержание и основные выводы диссертационной работы.

7. Заключение

По объему и качеству выполненных исследований, актуальности поставленной цели, новизне, достоверности и научной обоснованности полученных результатов и выводов диссертационная работа Травкиной Ольги Сергеевны «Гранулированные цеолиты А, X, Y, морденит и ZSM-5 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой: синтез, свойства и применение в адсорбции и катализе» соответствует критериям, установленным для докторских диссертаций. В диссертационной работе разработаны научные основы приготовления гранулированных цеолитов А, X, Y, морденит и ZSM-5 с иерархической структурой, установлены закономерности кристаллизации данных цеолитов с использованием аморфных алюмосиликатов природного и синтетического происхождения, определено влияние процедур катионного обмена, декатионирования и деалюминирования цеолитов на их химический и фазовый состав и характеристики пористой структуры. Продемонстрировано преимущество применения синтезированных материалов в адсорбционных процессах осушки и очистки

природного газа, а также в ряде каталитических процессов переработки углеводородного сырья.

Таким образом, диссертационная работа Травкиной Ольги Сергеевны «Гранулированные цеолиты А, X, Y, морденит и ZSM-5 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой: синтез, свойства и применение в адсорбции и катализе» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, изложенным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней» (в действующей редакции), утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор – Травкина Ольга Сергеевна – заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.14 – «Кинетика и катализ».

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник

Отдела материаловедения и функциональных материалов

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

«Федеральный исследовательский центр

«Институт катализа им. Г.К. Борескова

Сибирского отделения Российской академии наук»,

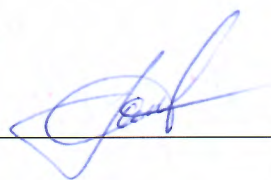
630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 5;

тел./факс: +7(383) 330 67 71 / +7(383) 330 80 56;

сайт: <http://catalysis.ru/>;

E-mail: bic@catalysis.ru

доктор химических наук, доцент



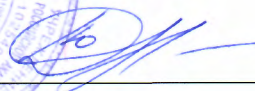
Ведягин Алексей Анатольевич

Дата составления отзыва: «05» марта 2024 года.

Подпись Ведягина Алексея Анатольевича удостоверяю



Ученый секретарь, кандидат химических наук



Ю.В. Дубинин