

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ



Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Диссертация Зиганшина Марата Ахмедовича «Самосборка, сорбционные и термические свойства синтетических и природных супрамолекулярных рецепторов» на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия выполнена на кафедре физической химии Химического института им. А.М. Бутлерова Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Зиганшин Марат Ахмедович в 1997 году окончил Казанский государственный университет по специальности "Химия". После обучения в аспирантуре в 2001 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 - физическая химия на тему "Термодинамика сорбции паров органических соединений твердыми белками" под руководством к.х.н., доцента Горбачука В.В. С 2000 года работал в должности младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника, старшего преподавателя и доцента Химического института им. А.М. Бутлерова Казанского федерального университета. В 2009 году Зиганшину Марату Ахмедовичу присвоено ученое звание доцента по кафедре физической химии.

Научный консультант: доктор химических наук, профессор кафедры физической химии Химического института им. А. М. Бутлерова ФГАОУ ВО КФУ Горбачук Валерий Виленович.

Диссертационная работа обсуждалась на расширенном заседании кафедры физической химии Химического института им. А.М. Бутлерова ФГАОУ ВО КФУ 04 июня 2019 года (протокол № 15). На заседании присутствовали 34 чел., из них 7 д.х.н., 14 к.х.н.

### **При обсуждении диссертации соискателю были заданы следующие вопросы:**

к.х.н., доцент Седов И.А.: В названии на первом месте стоит термин «самосборка». А было ли проведено изучение аспектов самосборки? Может стоит поменять порядок слов в названии?

к.х.н., доцент Седов И.А.: Одним из выводов в работе является следующее утверждение: «Предложена методика качественного и количественного анализа...». Имеется ли информация о сравнении этой методики с существующими?

д.х.н., проф. Зуев Ю.Ф.: Чем обусловлено объединение в работе 3-ех типов объектов исследования? Что их объединяет и разъединяет?

д.х.н., проф. Зуев Ю.Ф.: Что подразумевает термин «тонкие пленки»? Где та грань, которая позволяет не учитывать объём пленки?

д.х.н., проф. Киселев В.Д.: Покажите 33 слайд. Какова природа сил взаимодействия «гость-хозяин»? Почему в указанном ряду вода и гексан расположены рядом?

д.х.н., проф. Киселев В.Д.: Имеются ли экспериментальные доказательства места связывания «гостя», т.е. внутри полости или между кристаллами «хозяина»?

к.х.н., ст. преп. Галухин А.В.: Была ли каким либо образом охарактеризована пористость объектов исследования методами порозиметрии?

д.т.н., проф. Ламберов А.А.: Каким образом Вы интерпретируете эндоэффекты на ДСК кривой, представленной на 39м слайде? На основании чего Вы делаете выводы о фазовых переходах при нагревании?

д.т.н., проф. Ламберов А.А.: При изучении сорбционных свойств цеолитов используются термины адсорбент и адсорбат. В Вашей работе при изучении каликсаренов Вы также используете терминологию «гость» и «хозяин». В чем принципиальное различие этих терминов?

д.т.н., проф. Ламберов А.А.: Можно ли описать взаимодействие «гость-хозяин» с точки зрения хемосорбции? Каким образом можно проанализировать состояние молекул адсорбатов или «гостей»?

д.т.н., проф. Ламберов А.А.: Поясните, пожалуйста, используемый Вами термин «анти-цеолитовые свойства».

к.х.н., н.с. Нагриманов Р.Н.: При регенерации сенсоров продувкой воздухом Вы использовали температуру 45°C. Почему была выбрана именно такая температура и какова скорость потока? Можно ли продувать медленнее для того, чтобы улучшить обратимость связывания «гостя» «хозяином»?

д.х.н., проф. Киселев В.Д.: На 39 слайде приведены ДСК кривые, содержащие эндо и экзоэффекты. Вы их специально разделяли? Могут ли противоположные эффекты накладываться друга на друга?

д.т.н., проф. Ламберов А.А.: Сформулируйте, пожалуйста, практическую значимость результатов, полученных в Вашей работе.

д.х.н., проф. Зуев Ю.Ф.: Как бы Вы сами сформулировали крупную проблему, на решение которой направлены Ваши исследования?

д.х.н., проф. Киселев В.Д.: Какой у Вас индекс Хирша?

д.х.н., проф. Соломонов Б.Н.: Необходимо изменить подписи к рисункам на слайдах с английского языка на русский.

к.х.н., доцент Седов И.А.: Можно ли предсказать как структура рецептора и сорбата могут влиять на вид изотермы адсорбции? Можно ли это влияние описать каким-либо уравнением?

На поставленные вопросы соискатель дал исчерпывающие ответы.

С рецензией на работу выступил д.х.н., профессор Зуев Ю.Ф.:

Рецензия положительная.

Диссертационная работа Зиганшина М.А. посвящена актуальной проблеме современной физической химии: поиску физико-химических особенностей взаимодействия органических соединений, находящихся в газовой фазе, с твердыми рецепторами, способными к самосборке или самоорганизации.

Результаты работы **отличаются новизной**. Охарактеризованы рецепторы, проявляющие особые сорбционные свойства по отношению к большому набору органических соединений, в том числе селективность при выборе «гостей» из смесей ближайших гомологов или веществ с близкими физико-химическими свойствами. В работе сформулированы основные принципы взаимосвязи структуры и сорбционной активности рецепторов при вариации строения рецептора, в том числе и «встречное» влияние сорбатов на структуру и свойства сорбентов, что является принципиально новым вкладом в физическую химию рецепторов и сорбционных процессов. Предложены методики практического применения изученных рецепторов в сенсорных системах для детектирования метанола, хлороформа и бензола.

Работа имеет **высокую теоретическую и практическую значимость**, результаты могут быть использованы при разработке сенсоров для систем распознавания запаха и вкуса, новых сорбционных материалов для связывания, разделения и хранения паров и газов, при разработке подходов для управляемой самосборки олигопептидов с целью получения новых биосовместимых материалов.

Выводы диссертации являются достоверными и обоснованными. Результаты получены с использованием современных экспериментальных и расчетных методов.

Диссертационная работа написана на 311 страницах, содержит 37 таблиц, 150 рисунков и 298 библиографических ссылок. Работа состоит из оглавления, списка условных сокращений, введения, обзора литературы, экспериментальной части, обсуждения результатов, списка литературы и приложения. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Основные результаты диссертации Зиганшина М.А. изложены в 33 статьях, из них 28 статей в изданиях, входящих в международные базы научного цитирования Web of Science и Scopus и 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в 2 патентах Российской Федерации и 2 главах в монографиях, а также в тезисах 27 доклада на конференциях различного уровня.

Диссертация Зиганшина М.А. удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», введенного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842, предъявляемым ВАК Министерства образования и науки

Российской Федерации к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук Постановления РФ: полученные результаты и их анализ имеют существенное фундаментальное и прикладное значение, содержит новые оригинальные научные результаты, свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация может быть представлена в диссертационный совет к защите по специальности 02.00.04 - физическая химия.

**С поддержкой работы выступил заведующий кафедрой физической химии д.х.н., профессор Соломонов Б.Н.** В его выступлении было подчеркнуто, что рассматриваемая диссертационная работа актуальна, полученные результаты отличаются новизной. Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям. Было отмечено, что результаты диссертационной работы, опубликованные в высокорейтинговых международных журналах, обладают практической значимостью. Соломонов Б.Н. дал рекомендации по представлению доклада.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Зиганшина Марата Ахмедовича на тему «Самосборка, сорбционные и термические свойства синтетических и природных супрамолекулярных рецепторов», представленная на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04—физическая химия, является целостным и законченным исследованием, написана автором самостоятельно, содержит оригинальные научные результаты и примеры их практического применения, свидетельствует о значительном личном вкладе автора в физическую химию супрамолекулярных систем. В диссертации на основе проведенного исследования разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области современной физической химии: найдены закономерности физико-химических процессов самосборки и самоорганизации супрамолекулярных рецепторов при взаимодействии с парами органических соединений с образованием метастабильных полиморфов и наноструктур.

#### **Работа актуальна и обладает научной новизной.**

Изменение взаимного расположения молекул рецепторов в твердой фазе в процессе связывания сорбатов («гостей») с одной стороны значительно усложняет поиск и обобщение закономерностей таких процессов, но с другой – открывает возможности для разработки новых принципов молекулярного распознавания (селективного связывания) соединений, как в индивидуальном состоянии, так и в присутствии нескольких компонентов. Решение этой проблемы важно для разработки новых искусственных систем распознавания вкуса и запаха в многокомпонентных смесях, а также новых сорбционных материалов, способных к селективному связыванию газов, энантиомеров и биологически активных соединений. Кроме того, проведенные в указанной области исследования и полученные результаты позволят значительно продвинуться в разработке подходов к управлению самосборкой и полиморфизмом органических рецепторов, в том числе с целью получения новых нетоксичных, биологически активных и/или биосовместимых материалов для медицины, био- и нанотехнологии.

В результате проведенных исследований впервые определены основные закономерности влияния структуры рецептора и «гостя» на процесс клатратообразования. Впервые обнаружено, что тиакаликс[4]арен и L-лейцил-L-лейцин проявляют анти-цеолитовые свойства. Продемонстрирована возможность практического применения L-лейцил-L-лейцина для разделения смесей органических соединений. Предложена методика, позволяющая увеличить число параметров, характеризующих взаимодействие «гость-хозяин», определяемых с помощью единичного гравиметрического сенсора на основе каликсаренов.

Впервые предложены методы качественного и количественного анализа смесей органических соединений, основанный на способности *трет*-бутилкаликс[6]арена к образованию метастабильного полиморфа после ухода «гостей» и способности *трет*-бутилкаликс[4]арена, тетразамещенного по нижнему ободу сложноэфирными группами, к полиморфизму.

Впервые предложен подход для предсказания влияния паров на морфологию пленок или наноструктур на основе олигопептидов, заключающийся в использовании данных сенсорного анализа в виде произведения молекулярной рефракции сорбата на величину сорбционной емкости олигопептида по отношению к этому сорбату  $S \times MR_p$ . На примере L-фенилаланил-L-фенилаланина и L-лейцил-L-лейцина продемонстрирована возможность синтеза циклических дипептидов в твердой фазе при нагревании. Впервые определены критические температуры начала этих реакций и их кинетические параметры.

#### **Теоретическая и практическая значимость.**

В диссертационной работе проведен комплексный анализ сорбционных свойств синтетических и природных рецепторов. Сформулированы общие принципы влияния структуры рецептора на его сорбционные свойства и свойства его клатратов. Найдены рецепторы, проявляющие особые сорбционные свойства, такие как увеличение сорбционной емкости с ростом размеров молекул сорбатов, «молекулярная память» рецептора о связавшемся «госте» после его удаления, селективное связывание органического соединения из смесей, в том числе с ближайшими гомологами или веществами с близкими физико-химическими свойствами. Предложены методики практического применения таких рецепторов в сенсорных системах для детектирования метанола, хлороформа и бензола. Предложена методика для предсказания способности паров соединений инициировать процессы самосборки короткоцепных олигопептидов в твердой фазе. Предложены методики синтеза производных 2.5-дикетопиперазинов в твердой фазе с количественным выходом. Полученные результаты могут быть использованы при разработке сенсоров для систем распознавания запаха и вкуса, новых сорбционных материалов для связывания, разделения и хранения паров и газов, при разработке подходов для управляемой самосборки олигопептидов с целью получения новых биосовместимых материалов или биологически активных производных 2.5-дикетопиперазинов.

#### **Результаты работы обоснованы и достоверны.**

Достоверность полученных результатов обусловлена их воспроизводимостью и согласованностью данных, полученных различными методами, а также широкой апробацией. Отсутствуют противоречия между результатами работы и современными концепциями физической химии.

## Личное участие автора.

Цели исследования, постановка задач, стратегия их решения при изучении сорбционных и термических свойств каликсаренов определены автором диссертации совместно с научным консультантом Горбачуком В.В., при изучении самосборки, сорбционных и термических свойств олигопептидов определены лично автором диссертации. Экспериментальная работа проводилась лично автором, а также студентами и аспирантами под его непосредственным руководством. Автором лично был проведен анализ полученных экспериментальных результатов, обобщение полученных результатов и сформулированы выводы диссертационной работы.

## Основное содержание работы изложено в следующих публикациях:

1. **Зиганшин, М.А.** Влияние размера макроцикла каликсарена на термодинамические параметры образования соединений включения в системах парообразный "гость" - твердый "хозяин" [Текст] / М.А. Зиганшин, А.В. Якимов, И.С. Антипин, А.И. Коновалов, В.В. Горбачук // Известия Академии Наук. Серия химическая. – 2004, №7. – С.1478-1485.
2. Gorbachuk, V.V. Cooperative hydration effect on the binding of organic vapors by a cross-linked polymer and beta-cyclodextrin [Text] / V.V. Gorbachuk, **M.A. Ziganshin**, L.S. Savelyeva, N.A. Mironov, W.D. Habicher // Macromolecular Symposia. – 2004. – V.210. – P.263-270.
3. Горбачук, В.В. Молекулярное распознавание паров органических соединений твердым адамантилкаликс[4]ареном [Текст] / В.В. Горбачук, Л.С. Савельева, **М.А. Зиганшин**, И.С. Антипин, В.А. Сидоров // Изв. Акад. Наук. Сер. Хим. – 2004, №1. – С.60-65.
4. **Зиганшин, М.А.** Соотношение «структура-свойство» для клатратообразования в системе: парообразный «гость» - 1,3-дизамещенный трет-бутилкаликс[4]арен [Текст] / М.А. Зиганшин, Л.Р. Валидова, И.С. Антипин, И.И. Стойков, А.И. Коновалов, В.В. Горбачук // Журн. структур. химии. – 2005. – Т.46. – С.34-39.
5. Gorbachuk V.V., **Ziganshin M.A.** Thermodynamic principles of artificial nose based on supramolecular receptors [Text] / in: Nanoscale devices – Fundamentals and applications. NATO Science Series. II. Mathematics, Physics and Chemistry – V.233. ed. R. Gross, A. Sidorenko, L. Tagirov. – Springer, Dordrecht. – 2006. – P.23-34.
6. **Ziganshin, M.A.** Guest exchange in dimeric capsules of a tetraurea calix[4]arene in the solid state [Text] / М.А. Ziganshin, L.S. Yakimova, Kh.R. Khayarov, V.V. Gorbachuk, M.O. Vysotsky, V.Böhmer // Chem. Comm. – 2006. – P.3897-3899.
7. **Ziganshin, M.A.** Nonregular structure-property relationships for inclusion parameters of *tert*-butylcalix[5]arene [Text] / М.А. Ziganshin, A.V. Yakimov, G.D. Safina, S.E. Solovieva, I.S. Antipin, V.V.Gorbachuk // Org. Biomol. Chem. –2007. – V.5. – P.1472-1478.
8. Yakimov, A.V. Metastable *tert*-butylcalix[6]arene with unusually large tunable free volume for non-threshold enclathration of volatiles [Text] / A.V. Yakimov, **M.A. Ziganshin**, A.T. Gubaidullin, V.V. Gorbachuk // Org. Biomol. Chem. – 2008. – V.6. – P.982-985.
9. Yakimova, L.S. Molecular recognition of organic vapors by adamantylcalix[4]arene in QCM sensor using partial binding reversibility [Text] / L.S. Yakimova, **M.A. Ziganshin**, V.A. Sidorov, V.V. Kovalev, E.A. Shokova, V.A. Tafeenko, and V.V. Gorbachuk // J. Phys. Chem. B. – 2008. – V.112, N49. – P.15569-15575.
10. Сафина, Г.Д. Влияние конфигурации тетракарбоксыпроизводного *трет*-бутилтиакаликс[4]арена на его рецепторные свойства по отношению к парообразным органическим соединениям [Текст] / Г.Д. Сафина, **М.А. Зиганшин**, И.И. Стойков, И.С. Антипин, В.В. Горбачук // Известия Академии Наук. Серия химическая. – 2009. – №1. – С.71-79.

11. Ефимова, И.Г. Образование наноструктур на поверхности тонких пленок дипептидов под действием паров органических соединений [Текст] / И.Г. Ефимова, **М.А. Зиганшин**, В.В. Горбачук, Д.В. Солдатов, С.А. Зиганшина, А.П. Чукланов, А.А. Бухараев // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2009. – Т. 45, №5. – С.474-477.
12. Пат. 2390765 Российская Федерация, МПК G 01 N 27/12. Способ определения бензола [Текст] / Горбачук В.В., **Зиганшин М.А.**, Сафина Г.Д., Стойков И.И. Антипин И.С.; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина", Горбачук В. В., Зиганшин М. А., Сафина Г. Д. – № 2009119077/28; заявл. 20.05.09 ; опубл. 27.05.10, Бюл. № 15. – 10 С.: ил.
13. Safina, G.D. Using clathrate pseudopolymorphism for a single sensor detection of target component in the headspace of liquid mixture [Text] / G.D. Safina, L.R. Validova, **М.А. Ziganshin**, I.I. Stoikov, I.S. Antipin, V.V.Gorbachuk // Sensors and Actuators B. – 2010. – V.148. – P.264-268.
14. Ефимова, И.Г. Рецепторные свойства нанопористого материала на основе дипептида L-аланил-L-валин по отношению к органическим соединениям и воде [Текст] / И.Г. Ефимова, **М.А. Зиганшин**, В.В. Горбачук, С.А. Зиганшина, А.А. Бухараев // Бутлеровские сообщения. – 2010. –Т.21. №9. – С.29-36.
15. Бикмухаметова, А.А. Влияние типа аминокислотных остатков и их последовательности в молекулах дипептидов на рецепторные свойства и морфологию тонких пленок на их основе [Текст] / А.А. Бикмухаметова, И.Г. Ефимова, **М.А. Зиганшин**, В.В. Горбачук, С.А. Зиганшина, А.П. Чукланов, А.А. Бухараев // Бутлеровские сообщения. – 2011. – Т.25, №7. – С.81-86.
16. Safina, G.D. Molecular recognition of chloroform by divergent polymorphic transitions in tert-butylthiacalix[4]arene tetrasubstituted in lower rim with N-(2-hydroxyethyl)carbamoylmethoxy groups [Text] / G.D. Safina, O.M. Gavrilova, **М.А. Ziganshin**, I.I. Stoikov, I.S. Antipin, V.V.Gorbachuk // Mendeleev Commun. – 2011. – V.21. – P.291-292.
17. Khabibullin, A.A. Thermal analysis of charge-transfer complex formed by nitrogen dioxide and substituted calix[4]arene: characterization of complexation reversibility [Text] / A.A. Khabibullin, G.D. Safina, **М.А. Ziganshin**, V.V.Gorbachuk // J. Therm. Anal. Calorim. – 2012. – V.110, Iss. 3. – P.1309-1313.
18. **Ziganshin, M.A.** Interaction of L-leucyl-L-leucyl-L-leucine thin film with water and organic vapors: receptor properties and related morphology [Text] / **М.А. Ziganshin**, I.G. Efimova, V.V. Gorbachuk, S.A. Ziganshina, A.P. Chuklanov, A.A. Bukharaev, D.V. Soldatov // J. Peptide Sci. – 2012. – V.18, N 4. – P.209-214.
19. Galyaltdinov, Sh. F. Unusually high selectivity of guest exchange in tert-butylthiacalix[4]arene clathrate producing more thermostable inclusion and memory of guest [Text] / Sh.F. Galyaltdinov, **М.А. Ziganshin**, A.B. Drapailo, V.V. Gorbachuk // J. Phys. Chem. B. – 2012. – V.116. – P.11379-11385.
20. **Зиганшин, М.А.** Влияние гидратации на морфологию и рецепторные свойства тонкой пленки трипептида L-лейцил-L-лейцил-L-лейцин [Текст] / М.А. Зиганшин, А.В. Герасимов, А.А. Бикмухаметова, И.Г. Ефимова, В.В. Горбачук, С.А. Зиганшина, А.А. Бухараев // Бутлеровские сообщения. – 2012. – Т. 32, №12. – С.155-161.
21. Safina, G.D. Analysis of guest binary mixtures by tert-butylcalix[6]arene using host memory of previously bound guests [Text] / G.D. Safina, **М.А. Ziganshin**, A.T. Gubaidullin, V.V. Gorbachuk // Org. Biomol. Chem. – 2013. – V.11. – P.1318-1325.
22. **Зиганшин, М.А.** Влияние подложки на морфологию пленок дипептида L-валил-L-аланин до и после взаимодействия с парами пиридина [Текст] / М.А. Зиганшин, И.Г. Ефимова, А.А. Бикмухаметова, В.В. Горбачук, С.А. Зиганшина, А.П. Чукланов, А.А. Бухараев // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2013. – Т.49, №3 – С.258-263.

23. **Зиганшин, М.А.** Влияние полиморфизма на рецепторные свойства супрамолекулярного рецептора [Текст] / М.А. Зиганшин, Р.И. Синичкина, В.В. Горбачук, И.И. Стойков // Бутлеровские сообщения. – 2013. – Т.33, №2. – С.60-67.
24. **Зиганшин, М.А.** Инкапсуляция макроциклическим рецептором летучих органических веществ из их бинарных смесей [Текст] / М.А. Зиганшин, Р.И. Синичкина, В.В. Горбачук // Бутлеровские сообщения. – 2013. – Т.34, №6. – С.9-14.
25. Gorbatchuk, V.V. Unusually high efficiency of beta-cyclodextrin clathrate preparation by water-free solid-phase guest exchange [Text] / V.V. Gorbatchuk, A.K. Gatiatulin, **М.А. Ziganshin**, A.T. Gubaidullin, L.S. Yakimova // J. Phys. Chem. B. – 2013. – V.117. – P.14544-14556.
26. **Зиганшин, М.А.** Влияние подложки и влажности воздуха на морфологию пленок дипептида L-лейцил-L-лейцин [Текст] / М.А. Зиганшин, А.А. Бикмухаметова, А.В. Герасимов, В.В. Горбачук, С.А. Зиганшина, А.А. Бухараев // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2014. – Т.50, №1 – С.53-58.
27. Пат. 2504768 Российская Федерация, МПК G01N 31/22. Способ количественного определения органических соединений в бинарных смесях [Текст] / Горбачук В.В., **Зиганшин М.А.**, Сафина Г.Д.; патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет". – № 2012141186/15; заявл. 20.09.12; опубл. 20.01.14, Бюл. № 2. – 13 С.: ил.
28. Galyaltdinov, S.F. Anti-sieve effect in guest inclusion by thiacalix[4]arene giving a surge in thermal stability of its clathrates prepared by solid-phase guest exchange [Text] / S.F. Galyaltdinov, **М.А. Ziganshin**, A.T. Gubaidullin, S.G. Vyshnevsky, O.I. Kalchenko, V.V. Gorbatchuk // CrystEngComm. – 2014. – V.16. – P.3781-3787.
29. **Зиганшин М.А.** Молекулярное распознавание органических соединений по данным о полиморфных и псевдополиморфных превращениях производного трет-бутилтиакаликс[4]арена [Текст] / М.А. Зиганшин, В.В. Горбачук, Р.Р. Ситдииков, И.И. Стойков, И.С. Антипин // Изв. Акад. Наук. Сер. Хим. – 2014. – №1. – С.201-206.
30. **Ziganshin, М.А.** Thermal analysis of clathrates of tripeptide LLL with organic compounds and water [Text] / М.А. Ziganshin, A.V. Gerasimov, V.V. Gorbatchuk, A.T. Gubaidullin // J. Therm. Anal. Calorim. – 2015. – V.119. – P.1811–1816.
31. **Ziganshin, М.А.** Interaction of L-alanyl-L-valine and L-valyl-L-alanine with organic vapors: thermal stability of clathrates, sorption capacity and the change in the morphology of dipeptide films [Text] / М.А. Ziganshin, N.S. Gubina, A.V. Gerasimov, V.V. Gorbatchuk, S.A. Ziganshina, A.P. Chuklanov, A.A. Bukharaev // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2015. – V.17. – P.20168-20177.
32. **Ziganshin, М.А.** Thermal stability, sorption properties and morphology of films of dipeptide and tripeptide based on L-glycine [Text] / М.А. Ziganshin, S.A. Ziganshina, N.S. Gubina, A.V. Gerasimov, V.V. Gorbatchuk, A.A. Bukharaev // Orient J Chem. – 2015. – V.31, N4. – P.1977-1984.
33. **Зиганшин, М.А.** АСМ исследование тонких пленок олигопептида L-валил-L-валин до и после взаимодействия с парообразными соединениями [Текст] / М.А. Зиганшин, Н.С. Губина, В.В. Горбачук, С.А. Зиганшина, А.П. Чукланов, Д.А. Бизяев, А.А. Бухараев // Поверхность, рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2016. – № 2. – С.55-61.
34. **Ziganshin, М.А.** Thermally induced diphenylalanine cyclization in solid phase [Text] / М.А. Ziganshin, A.V. Gerasimov, S.A. Ziganshina, N.S. Gubina, G.R. Abdullina, A.E. Klimovitskii, V.V. Gorbatchuk, A.A. Bukharaev // J. Therm. Anal. Calorim. – 2016. – V.125, Iss. 2. – P.905-912.
35. **Ziganshin, М.А.** Non-zeolitic properties of the dipeptide L-leucyl-L-leucine as a result of the specific nanostructures formation [Text] / М.А. Ziganshin, A.S. Safiullina, S.A. Ziganshina,



A.V. Gerasimov, V.V. Gorbachuk // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2017. – V.19. – P.13788–13797.

36. **Ziganshin, M.A.** Thermally Induced Self-Assembly and Cyclization of L-Leucyl-L-Leucine in Solid State [Text] / M.A. Ziganshin, A.S. Safiullina, A.V. Gerasimov, S.A. Ziganshina, A.E. Klimovitskii, K.R. Khayarov, V.V. Gorbachuk // J. Phys. Chem. B. – 2017. – V.121, №36. – P.8603-8610.

37. Gorbachuk V.V., Gatiatulin A.K., **Ziganshin M.A.** Gas/solid complexation and inclusion [Text] / in: Comprehensive Supramolecular Chemistry II. ed. J.L. Atwood. – Oxford: Elsevier. – 2017. – V.2. – P.139–150.

По материалам диссертации также опубликовано 27 тезисов докладов на международных и российских научных конференциях.

Диссертация Зиганшина М.А. удовлетворяет всем требованиям Постановления Правительства РФ «0 порядке присуждения ученых степеней». В диссертации соискатель ссылается на собственные опубликованные работы, а также работы других ученых, отсутствуют материалы без ссылки на автора или источник заимствования.

#### **Специальность, которой соответствует диссертация.**

Диссертационная работа Зиганшина М.А. «Самосборка, сорбционные и термические свойства синтетических и природных супрамолекулярных рецепторов» соответствует п.2. «Экспериментальное определение термодинамических свойств веществ, расчет термодинамических функций простых и сложных систем, в том числе на основе методов статистической термодинамики, изучение термодинамики фазовых превращений и фазовых переходов» и п.3. «Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях» паспорта специальности 02.00.04 Физическая химия.

Диссертационная работа Зиганшина Марата Ахмедовича «Самосборка, сорбционные и термические свойства синтетических и природных супрамолекулярных рецепторов» рекомендуется к защите на соискание степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 - Физическая химия (химические науки).

Заключение принято на расширенном заседании кафедры физической химии Химического института им. А.М. Бутлерова Казанского федерального университета (протокол № 15 от 04 июня 2019 года). Присутствовали: 34 человека. Итоги голосования: «За» - 34, «Против» - нет, «Воздержавшихся» - нет.