

## ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию Морозовой Анны Сергеевны «Самосборка ряда короткоцепных олигопептидов с образованием микро- и нанообъектов и их свойства по данным сканирующей зондовой микроскопии», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

### Актуальность темы

Диссертационная работа А.С. Морозовой посвящена экспериментальному исследованию самосборки короткоцепных олигопептидов с образованием органических нано- и микрокристаллических структур. Актуальность данной работы обусловлена, новизной и важностью объектов исследований. Исследователей во всем мире привлекают короткоцепные олигопептиды, способные к самосборке и самоорганизации с образованием различных наноструктур и наноматериалов. Такие материалы биосовместимы, обладают биологической активностью, а также рядом уникальных физических свойств и могут быть использованы при решении задач медицины, экологии, энергетики. Данные исследования имеют как фундаментальное значение, так и затрагивают различные прикладные аспекты, связанные с биосовместимыми технологиями. С этой точки зрения, исследования, проведенные в диссертационной работе А.С. Морозовой, являются важными и актуальными.

В работе Морозовой А.С. получен ряд **новых научных результатов**, имеющих **теоретическую и практическую значимость**. К наиболее важным, на мой взгляд, можно отнести следующее:

Полученные данные развивают **теоретическое представление** о механизме формирования кристаллических структур олигопептидов на поверхности аморфных пленок под действием парообразных соединений, установлена критическая роль воды в этом процессе. **Практическая значимость** работы связана с исследованием влияния паров воды и органических соединений, а также природы подложек на морфологию поверхности тонких пленок ряда короткоцепных олигопептидов, продемонстрированы пьезоэлектрические свойства наноструктур на их основе, перспективные для использования в биомедицине, предложен

подход на использовании атомно-силовой микроскопии для качественной оценки растворимости веществ в различных растворителях.

**Достоверность полученных результатов, а также обоснованность научных положений и сделанных выводов** обеспечивается применением комплекса современных физико-химических методов анализа, согласованностью полученных результатов с известными из литературы. Работа прошла хорошую апробацию в виде докладов на международных и российских конференциях разного уровня, довольно полно опубликована в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ.

По результатам диссертационной работы опубликовано 22 печатных работы, из них 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ и индексируемых в различных научных базах данных.

Работа хорошо структурирована, состоит из введения, трех глав, заключения с общими выводами, списка использованных источников и списка опубликованных работ. Диссертация изложена на 121 странице машинописного текста, имеет 63 рисунка, 4 таблицы и 110 библиографических источников. Диссертация и автореферат оформлены согласно предъявляемым к ним требованиям и последовательно изложены ясным научным языком. Таблицы и рисунки аккуратно оформлены, обозначения физических величин соответствуют требованиям ГОСТа. Работа подробно и грамотно написана, изложение материала последовательно и логично.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Во *введении* определена актуальность темы диссертации, сформулированы цели и поставлены задачи исследования, научная и практическая значимость работы, дана общая структура диссертации.

В *первой главе* приведен литературный обзор, где представлены сведения об олигопептидах и их свойствах, рассмотрены методы формирования наноструктур на их основе за счет самоорганизации и самосборки под действием внешних факторов, актуальности исследования олигопептидов и перспективы применения данных материалов в различных технологиях. Литературный обзор дает достаточно полное представление о степени разработанности темы диссертационной работы в мире, и позволяет убедительно обосновать цель представленной диссертационной работы и сформулировать новизну полученных результатов.



Во *второй главе* – экспериментальной части, описаны основные характеристики исследуемых олигопептидов и подробно изложены методики получения образцов, проведения экспериментальных исследований и способы обработки полученных данных.

В *третьей главе* приведены результаты экспериментальных исследований самосборки олигопептидов с образованием микро- и нанообъектов и разделена на 4 части. *Раздел 3.1* посвящён описанию влияния подложки на формирование наноструктур на основе олигопептидов. Разработана методика получения аморфных пленок дипептида глицил-глицин и трипептида глицил-глицил-глицин на высокоориентированном пиролитическом графите (ВОПГ), слюде, монокристаллическом кремнии: гидрофильном и гидрофобном. Впервые методом атомно-силовой микроскопии проведено изучение результатов самосборки данных олигопептидов в тонких пленках, нанесенных на различные подложки. В *разделе 3.2* исследовано влияние паров органических соединений на самосборку олигопептидов из аморфного состояния в тонкой пленке. Установлено влияние насыщенных паров различных растворителей и типа подложки на морфологию поверхности пленок олигопептидов. Предложено объяснение влияния паров органических растворителей на кристаллизацию аморфной пленки дипептида глицил-глицин на основе параметра Хансена, характеризующие свойства растворителя. *Раздел 3.3* посвящен результатам исследования влияния паров воды на самосборку дипептида глицил-глицин в присутствии паров ряда органических растворителей. Предложен возможный механизм влияния воды на самосборку пленки дипептида глицил-глицин, насыщенной парами органических соединений. Предложен подход для применения АСМ для количественного определения растворимости дипептида глицил-глицин в органических растворителях и воде. В *разделе 3.4* изучено влияние метода получения и порядка следования аминокислотных остатков в дипептидах L-фенилаланил-L-лейцин и L-лейцил-L-фенилаланин на формирование наноструктур, а также насыщения парами метанола. В *разделе 3.5* с помощью силовой микроскопии пьезоотклика впервые продемонстрированы пьезоэлектрические свойства наноструктур на основе дипептидов L-фенилаланил-L-лейцин и L-лейцил-L-фенилаланин. Обнаруженные пьезоэлектрические свойства кристаллов на основе данных дипептидов открывают перспективные пути их

использования для разработки сенсорных устройств и для применения в биомедицине.

В заключении приводятся основные выводы работы, которые в полной мере отражают основные результаты, полученные в представленном диссертационном исследовании.

Диссертационная работа Морозовой А.С. производит хорошее впечатление. Принципиальных недостатков, затрагивающих сущность диссертации не обнаружено. Однако по работе следует сделать несколько замечаний и предложений:

1. В работе проводят исследование влияния различных факторов на самосборку дипептида глицил-глицин и трипептида глицил-глицил-глицин, однако по какой причине не проводилось изучение их пьезоэлектрических свойств?
2. В диссертации был определен размер частиц дипептида глицил-глицин методом динамического рассеяния света в растворе в воде, однако, измерения проводили только при одной концентрации – 4 мг на 300 мкл. Во время высыхания растворов концентрация вещества может изменяться в значительных пределах. По какой причине было выбрано именно такое содержание олигопептида? Исследовалась ли концентрационная зависимость среднего гидродинамического диаметра частиц дипептида глицил-глицин в воде? По такой зависимости можно было бы оценить размеры при 0% воды.
3. Как показано в работе поверхность пленок олигопептидов довольно сильно зависят от условий получения образцов, вследствие чего хотелось немного больше уточнить методику получения пленок 2.1.2: а именно какое количество раствора дипептидов использовалось для нанесения на подложку и температуру воздуха, применяемого при принудительной сушке; и методику 2.1.3: какие геометрические размеры у чашек Петри, содержащих 200 мкл органических растворителей и использованных для насыщения их парами?
4. В отличие от автореферата в тексте диссертации отсутствуют химические структуры использованных олигопептидов, что несколько затрудняет восприятие работы.



5. В тексте диссертации присутствуют несколько неудачных и неточных выражений: «поверхности кремния, отличающегося степенью гидрофобности» (стр.51) лучше обозначить как «поверхности кремния с различной степенью гидрофобности», «значения краевых углов смачивания различных подложек» (стр. 63) лучше конкретизировать как «значения краевых углов смачивания различных подложек водой». Также следует отметить несколько опечаток: «постоянного тока» (стр. 44) вместо «переменного тока», точки в заголовках разделов 3, 3.2, 3.3, точки вместо запятой в разделителе целой и дробной части чисел (стр. 61, таблица 1), рисунок 16д (стр. 57) имеется в виду рисунок 33д, рисунок 44к (стр.77) имеется в виду рисунок 46к, пропущены абзацные отступы (стр. 35, 65, 86).

Следует отметить, что указанные замечания носят скорее дискуссионный и рекомендательный характер и не снижают общего положительного впечатления о работе, сложившейся в процессе ознакомления с диссертацией. Работа в целом выполнена на высоком экспериментальном и теоретическом уровне, соответствующем лучшим мировым стандартам. Выводы в Заключении диссертационной работы являются достоверными и обоснованными.

**Заключение.** Диссертация Морозовой Анны Сергеевны «Самосборка ряда короткоцепных олигопептидов с образованием микро- и нанообъектов и их свойства по данным сканирующей зондовой микроскопии», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена задача по экспериментальному определению условий для направленной самосборки короткоцепных олигопептидов с образованием органических нано- и микрокристаллических структур, обладающий практическими свойствами. Работа полностью соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (со всеми изменениями и дополнениями) и паспорту специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, а ее автор

заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Кандидат химических наук

(02.00.04 – физическая химия)

Доцент кафедры физической и коллоидной химии

ФГБОУ ВО «Казанский национальный

исследовательский технологический университет»,



Крупин Александр Сергеевич

420015, г. Казань, ул. К.Маркса, 68

KrupinAS@corp.knrtu.ru

Тел. 8(843)231-43-89

Подпись Крупин А.С.

удостоверяю.

Начальник управления кадрового и

документационного обеспечения

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

И.Ш. Харисов

13.09

2023

