

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 74.1.001.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ АО «ГНИИХТЭОС», ГК «Ростехнологии», ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело N ____
решение диссертационного совета от 3 декабря 2025г пр. N 2

О присуждении Шаухину Максиму Константиновичу, гражданину РФ
ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Синтез хромосодержащих иттрийоксаналюмоксанов, изучение свойств и расчет молекулярных структур олигомерных молекул – предшественников алюмоиттриевой керамики, модифицированной хромом» по научным специальностям 1.4.8. Химия элементоорганических соединений и 1.4.7. Высокомолекулярные соединения принята к защите 23 сентября 2025г пр. № 2 советом 74.1.001.01, созданным на базе Акционерного общества «Государственный Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений» ГК «Ростехнологии» (АО «ГНИИХТЭОС»), 105118, Россия, г. Москва, Шоссе Энтузиастов 38, созданного в соответствии с приказом Министерства образования и науки РФ №105 н/к от 11.04.2012г.

Соискатель Шаухин Максим Константинович 6 июня 1994 года рождения . В 2018 году окончил Московскую академию тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова, кафедру Химии и технологии им. К.А. Андрианова по направлению 18.04.01 «Химическая технология».

В 2022 г окончил аспирантуру РТУ- МИРЭА по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки и ему присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель - исследователь».

В РТУ-МИРЭА работает инженером на кафедре электротехнических систем по настоящее время.

Диссертация выполнена на кафедре Химии и технологии элементоорганических соединений им. К.А. Андрианова РТУ-МИРЭА и в лаборатории специальных волокон и компонентов композиционных материалов ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС».

Научные руководители:

- доктор химических наук, профессор Кирилин Алексей Дмитриевич, профессор кафедры химии и технологии переработки пластмасс и полимерных композитов ФГБОУ ВО РТУ-МИРЭА института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова;
- доктор химических наук, старший научный сотрудник Щербакова Галина Игоревна, ведущий научный сотрудник лаборатории специальных волокон и компонентов композиционных материалов ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС» ГК «Ростехнологии»

Официальные оппоненты:

Корлюков Александр Александрович, доктор химических наук, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории рентгеноструктурных исследований и Зезин Алексей Александрович, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН, заведующий лабораторией радиационного модифицирования полимеров дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева г. Москва в своем положительном отзыве, подготовленном сотрудниками лаборатории «Кремнийорганических и углеводородных циклических соединений» кандидатом химических наук по специальности 1.4.7. (Высокомолекулярные соединения), младшим научным сотрудником Зоткиным М.А. и кандидатом химических наук по специальности 1.4.7.

(Высокомолекулярные соединения), старшим научным сотрудником Алентьевым Д.А. указала, что одним из наиболее перспективных путей решения задачи по созданию новых керамических композиционных материалов является использование керамообразующих элементоорганических олигомеров с заданной структурой и химическим составом, предшественников для получения компонентов (волокон, матриц, связующих, покрытий, порошков) керамокомпозитов конструкционного назначения. В этой связи диссертация Шаухина Максима Константиновича, посвященная синтезу, изучению свойств, расчету молекулярных структур олигомерных молекул хромсодержащих иттрийоксаналюмоксанов – предшественников алюмоиттриевой керамики, модифицированной хромом, предназначенной для получения высокотемпературных, высокопрочных и окислительностойких керамокомпозитов модифицированных хромом алюмоиттриевого состава является востребованной для авиационной промышленности, в области производства оптической керамики и т.п.

Основные положения, выносимые на защиту свидетельствуют, что данная работа является логическим продолжением предыдущих исследований в области химии органоэлементоксаналюмоксановых олигомеров, проводимых в ГНЦ РФ «ГНИИХТЭОС».

Автор исследования обосновывает актуальность диссертации тем, что оно направлено на создание нового класса химических соединений керамообразующих органохромоксанииттрийоксаналюмоксановых олигомеров, которые являются предшественниками высокочистой модифицированной хромом алюмоиттриевой керамики смешанного состава: $Y_3(Cr_xAl_{1-x})_5O_{12}$, $YAl_yCr_{1-y}O_3$, $\alpha-(Al_{2-x}Cr_xO_3)$.

Предоставленные Шаухиным М.К. материалы подтверждают, что проведенное исследование актуально, имеет теоретическую и практическую значимость, а полученные результаты могут быть интересны и значимы для профильного научного сообщества.

Автор впервые установил, что:

- в процессе соконденсации хелатированных иттрийоксаналюмоксанов с ацетилацетонатом хрома, алюминий и иттрий, вследствие одинаковой химической природы, образуют единую пространственную элементоксановую структуру, а хром может встраиваться в подобную элементоксановую структуру, при этом не нарушая ее пространственной конфигурации;

- что органохромоксанииттрийоксаналюмоксаны представляют собой сложные олигомерные структуры, состоящие из органоалюмоксановых, органоиттрийоксаналюмоксановых, органохромоксаналюмоксановых и органохромоксанииттрийоксаналюмоксановых фрагментов, а их процентное содержание в олигомере зависит от мольного отношения Al/Y и Al/Cr .

Практическая значимость полученных результатов, обуславливается тем, что:

- показано, что органохромоксанииттрийоксаналюмоксаны являются перспективными предшественниками компонентов керамических композиционных материалов: связующие, матрицы, покрытия, волокна;

- установлено, что органохромоксанииттрийоксаналюмоксаны могут обладать волокнообразующими свойствами. На основе волокнообразующих органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов, методом расплавного формования, получены непрерывные полимерные волокна – предшественники керамических модифицированных хромом алюмоиттриевых волокон, в частности, хромсодержащих гранатовых волокон;

- показано, что хромсодержащие иттрийоксаналюмоксановые олигомеры хорошо растворимы в углеводородных и спиртовых растворителях и, следовательно, их растворы могут использоваться в качестве связующих для матриц или пленкообразующих композиций для барьерных и защитных покрытий;

- используя моделирование, сделан расчёт структур возможных исходных органоалюмоксановых и органоиттрийоксаналюмоксановых олигомеров, а также образующихся органохромоксаналюмоксановых и

органохромоксанииттрийоксаналюмоксановых фрагментов, проведена их визуализация.

Таким образом, диссертационная работа Шаухин М.К. на тему «Синтез хромосодержащих иттрийоксаналюмоксанов, изучение свойств и расчет молекулярных структур олигомерных молекул – предшественников алюмоиттриевой керамики, модифицированной хромом» полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, и паспортам заявленных научных специальностей 1.4.8. Химия элементоорганических соединений и 1.4.7. Высокомолекулярные соединения. Автор диссертационной работы Шаухин Максим Константинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по научным специальностям 1.4.8. Химия элементоорганических соединений и 1.4.7. Высокомолекулярные соединения. Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы.

В этих публикациях основное содержание работы отражено в полном объеме, поскольку в них описано:

- изучение закономерностей синтеза хромсодержащих иттрийоксаналюмоксановых олигомеров соконденсацией хелатированных иттрийоксаналюмоксанов с ацетилацетонатом хрома; изучение свойств, синтезированных органохромоксанииттрийоксаналюмоксановых олигомеров – предшественников компонентов модифицированной хромом алюмоиттриевой керамики; а также моделирование исходных, промежуточных и конечных соединений квантово-химическими методами;
- проведение и изучение процесса соконденсации олигомерных иттрийоксаналюмоксанов с ацетилацетонатом хрома с подбором условий и подробным описанием методики синтеза;
- исследование свойства полученных хромсодержащих

иттрийоксаналюмоксановых олигомеров различными физико-химическими методами: – ЯМР, ИК, СЭМ, ТГА, РФА, элементный анализ;

- изучение влияния мольного соотношения Al/Y и Al/Cr на волокнообразующую способность хромсодержащих иттрийоксаналюмоксанов;
- исследование термохимической трансформации хромсодержащих иттрийоксаналюмоксанов с различным мольным соотношением Al/Y и Al/Cr;
- осуществление моделирования молекулярных структур исходных органоалюмоксанов, органоиттрийоксаналюмоксанов и синтезированных органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов с помощью квантово-химических методов компьютерной химии.

Весь список научных публикаций, приведенных в диссертационной работе, соответствует ее теме, материалу и выводам. В диссертационной работе отсутствуют какие-либо недостоверные сведения об опубликованных научных работах, дано более подробное описание экспериментального и исследовательского оборудования, разработок режимов синтезов, а также проведен более подробный анализ экспериментальных результатов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

- 1) Результаты прямых измерений приводятся автором без указания доверительных интервалов полученных величин.
- 2) В автореферате для разделения целой и дробной части чисел вместо запятой используется точка, что нетрадиционно для русскоязычной литературы.

Ярославский государственный технический университет

Отзыв полностью положительный.

Отзыв РХТУ им. Д.И. Менделеева (I)

Под рис. 4 на стр. 12 отсутствует подпись (смещена на следующую страницу), а также не ясно из какого конкретно образца получены изображенные на рис. 13 волокна – синтезированного в спирте или толуоле, и какой из указанных растворителей предпочтителен.

Отзыв РХТУ им. Д.И. Менделеева (II)

1. Автор сообщает, что в процессе выполнения экспериментальной части работы отработаны параметры соконденсации органоиттрийоксаналюмоксанов с ацетилацетонатом хрома и достоверность полученных результатов подтверждается тем, что «описанные методики хорошо воспроизводятся». В тоже время в автореферате отсутствует статистическая оценка воспроизводимости методики и количественная характеристика этого «хорошо». Эти данные были бы полезны при сравнении вычисленного и измененного элементного состава полученных олигомеров (таблица 1).

2. Квантово-химические расчеты были одним из основных этапов работы. Для расчетов использовался полуэмпирический метод РМЗ и базис 3-21G. При этом автор сообщает, что метод РМЗ дает «средний результат» без указания относительно чего средний, и что «результаты, полученные с использованием базиса 3-21G, являются наиболее приближенными, хотя и с некоторыми оговорками», не сообщая при этом – приближенными к чему, и какие именно подразумеваются оговорки.

3. В разделе «Итоги компьютерных расчетов» автореферата сообщается, что было «Проведено сравнение полученных расчетных данных с литературными. В то же время никаких результатов данного сравнения не приводится, даже на уровне «совпадает»/» не совпадает».

Отзыв ИСПИМ им. Н.С. Ениколопова РАН

1. В табл. 1 автореферата указана отсылка к рисункам, которые отсутствуют в автореферате, но приведены в тексте самой диссертации.

2. Автореферат перегружен данными по моделированию, в то время как обсуждение закономерностей синтеза олигомеров, а самое главное – широкий спектр использованных методов анализа структуры олигомеров изложены достаточно скудно.

ООО Научно-технический центр «Бакор»

1. Стр. 5. «Новизна и практическая значимость работы подтверждены патентом РФ 2767236». В данном случае видимо имеется в виду, научная

новизна. На самом деле патент подтверждает только техническую новизну предложенного решения и больше ничего.

2. Стр. 8. «Таблица 1. Столбец № Рис. 39а, 50, 70а и т.д. по всей таблице». К чему относятся данные рисунки (обозначения). В автореферате нет рисунков с такой нумерацией.

3. Стр. 8. «Таблица 1. Элементный состав, брутто-формулы основных фрагментов хромосодержащих иттрийоксаналюмоксанов и конечный выход керамики (С) ТГА». Не совсем верное утверждение. При прокаливании олигомерных хромсодержащих иттрийоксаналюмоксанов мы получаем смесь порошков, из которых после формования и спекания мы получаем керамику.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт

Отзыв полностью положительный.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что их область научных исследований близка к теме диссертационной работы, они известны своими достижениями и широким спектром научных трудов по данной тематике, имеют многочисленные публикации в высокорейтинговых журналах.

Наиболее значимые работы:

1. Щербакова, Г. И. Квантово-химический расчет геометрии алкокси(гидрокси)-(этилацетоацетат)алюмоксана / Г. И. Щербакова, М. К. Шаухин, А. Д. Кирилин, П. А. Стороженко, А. С. Похоренко // Журнал общей химии. – 2021. – Т. 91, № 2. – С. 283-289.

2. Щербакова, Г. И. Особенности молекулярной структуры органохромоксан иттрийоксаналюмоксановых олигомеров / Г. И. Щербакова, М. К. Шаухин, А.Д. Кирилин, П.А. Стороженко // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2021. – №7. – С.1275-1280.

3. Shcherbakova, G. I. Condensation of organoyttriumoxanalumoxanes with chromium acetylacetonate / G. I. Shcherbakova, M. K. Shaukhin, N. B. Kutinova, P. A. Storozhenko, A. D. Kirilin, M. S. Varfolomeev, A. I. Drachev, A. A. Ashmarin

// Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. – 2021. – Vol. 31. – P. 3460-3480.

4. Патент РФ № 2767236 С1. Способ получения гранатовых волокон, модифицированных хромом. / Г.И. Щербакова, О.Н. Абрамов, М.К. Шаухин, Н.С. Кривцова, М.С. Варфоломеев, П.А. Стороженко- № 2021111612 от 23.04.2021 заявлено 23.04.2021. Опубл. 17.03.2022. Бюл. № 8.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые соединения - органохромоксанииттрийоксаналюмоксаны, представляющие собой сложные олигомерные структуры, состоящие из органоалюмоксановых, органоиттрийоксаналюмоксановых, органохромоксаналюмоксановых и органохромоксанииттрийоксаналюмоксановых фрагментов, а их процентное содержание в олигомере зависит от мольного отношения Al/Y и Al/Cr.

доказана перспективность использования хромсодержащих иттрийоксаналюмоксанов в качестве предшественников компонентов модифицированной хромом алюмоиттриевой керамики.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:
доказан механизм процесса соконденсации хелатированных иттрийоксаналюмоксанов с ацетилацетонатом хрома, установлено, что вследствие одинаковой химической природы, алюминий и иттрий образуют единую пространственную элементоксановую структуру, а хром встраивается в подобную структуру, не нарушая ее пространственной конфигурации.
использованы квантово-химические методы компьютерной химии для моделирования и расчёта структур возможных исходных органоалюмоксановых и органоиттрийоксаналюмоксановых олигомеров, а также образующихся органохромоксаналюмоксановых и органохромоксанииттрийоксаналюмоксановых фрагментов, проведена их визуализация.

изложены методики синтеза олигомерных иттрийоксаналюмоксанов с ацетилацетонатом хрома, осуществлен подбор условий и подробное описание методики процесса; результаты моделирования и расчёт структур возможных исходных органоалюмоксановых и органоиттрийоксаналюмоксановых олигомеров, а также образующихся новых олигомерных органохромоксанииттрийоксаналюмоксановых и органохромоксаналюмоксановых фрагментов.

раскрыты перспективы использования новых синтезированных в диссертационной работе органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов в качестве перспективных предшественников компонентов (связующих, матриц, покрытий, волокон) керамических композиционных материалов алюмоиттриевого состава, модифицированного хромом.

изучен процесс соконденсации хелатированных иттрийоксаналюмоксанов с ацетилацетонатом хрома, что позволило установить факт встраивания хрома в элементоксановую структуру не нарушая ее пространственной конфигурации; процесс термохимической трансформации хромсодержащих органоиттрийоксаналюмоксанов с различным мольным соотношением Al/Y и Al/Cr, позволяющий получать многокомпонентную керамику на основе оксидов алюминия, иттрия и хрома: хромсодержащие гранат – $Y_3(Cr_xAl_{1-x})_5O_{12}$, перовскит – $YAl_yCr_{1-y}O_3$ и корунд – $\alpha-(Al_{2-x}Cr_xO_3)$.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан способ синтеза хромсодержащих иттрийоксаналюмоксанов, обладающих волокнообразующими свойствами, на их основе методом расплавленного формования сформованы полимерные волокна, в результате керамизации которых изготовлены модифицированные хромом гранатовые волокна. Получен патент РФ на способ получения гранатовых волокон, модифицированных хромом.

определена с помощью квантово-химических методов компьютерной химии молекулярная структура исходных органоалюмоксанов,

органоиттрийоксаналюмоксанов и синтезированных хромсодержащих органоалюмоксанов и органоиттрийоксаналюмоксанов.

представлен высокий потенциал органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов для применения в качестве перспективных предшественников компонентов керамических композиционных материалов (связующие, матрицы, покрытия, волокна) модифицированного хромом алюмоиттриевого состава. Известно, что керамика $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--Y}_2\text{O}_3\text{--Cr}_2\text{O}_3$ химически совместима, достаточно термически стабильна, обладает повышенной стойкостью к окислению и ползучести, поэтому перспективна для высокотемпературного использования

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на основе современных методов исследования структуры и свойств материалов спектроскопия ЯМР и ИК, элементного анализа, термогравиметрического анализа (TGA/SDTA), сканирующей электронной микроскопии, рентгеновского элементного микроанализа, рентгеновской дифракции и квантово-химических методах компьютерной химии.

идея базируется на анализе литературных данных и обобщении передового опыта по синтезу олигомерных органоэлементоксаналюмоксанов и получению из них многокомпонентной оксидной керамики.

использованы данные других работ по получению керамообразующих органоэлементоксаналюмоксановых олигомеров; на основе разработанных в диссертационной работе новых подходов и методик впервые было осуществлено моделирование молекулярных структур исходных органоалюмоксанов, органоиттрийоксаналюмоксанов, а также синтезированных органохромоксаналюмоксанов и органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов с помощью квантово-химических методов компьютерной химии, что позволило **впервые** осуществить визуализацию молекулярных структур исходных и синтезированных олигомеров.

установлено, что результаты диссертационной работы полностью подтверждают и оправдывают выводы и прогнозы работ других авторов об

основных направлениях развития синтеза новых олигомерных органоэлементоксаналюмоксанов - перспективного класса прекурсоров для получения компонентов ККМ (связующие, матрицы, барьерные и защитные покрытия, волокна) для создания высокотермостойких и химически инертных керамокомпозитов оксидного состава.

использованы экспериментальные данные, полученные с помощью современных физико-химических методов (ЯМР- спектроскопия, ИК- спектроскопия, термогравиметрический анализ (TGA/SDTA), сканирующая электронная микроскопия, рентгеновский элементный микроанализ, рентгеновская дифракция], а также данные компьютерного моделирования.

Личный вклад соискателя: диссертантом осуществлен сбор и анализ данных по теме исследования, выполнен основной объем экспериментальной работы - синтез органоиттрийоксаналюмоксанов с разным мольным отношением Al/Y и исследован процесс соконденсации органоиттрийоксаналюмоксанов с ацетилацетонатом хрома с разным мольным отношением Al/Y и Al/Cr, изучено влияние мольного соотношения Al/Y и Al/Cr на волокнообразующую способность хромсодержащих иттрийоксаналюмоксанов, а также процесс их термохимической трансформации. В программном комплексе «HyperChem» автором выполнены построение и расчёт структур органоалюмоксанов, органоиттрийоксаналюмоксанов и олигомерных органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов. Автор принимал непосредственное участие в планировании экспериментов, обсуждении и интерпретации всех полученных результатов, подготовке материалов для публикации в научных журналах и представления на конференциях, включая написание, редактирование текстов рукописей и тезисов.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Шаухин М.К. ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 3 декабря 2025г диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические, технологические решения и

разработки, имеющие существенное значение для развития химии элементоорганических и высокомолекулярных соединений в стране присудить Шаухину М.К. ученую степень кандидата химических наук по научным специальностям 1.4.8. Химия элементоорганических соединений и 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 12 докторов наук по темам рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета



Стороженко Павел Аркадьевич

Ученый секретарь
диссертационного совета



Кирилина Надежда Ивановна

4. декабря 2025г

