

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

Ордена Трудового Красного Знамени



Институт нефтехимического
синтеза им. А.В. Топчиева
Российской академии наук
(ИНХС РАН)

119991, ГСП-1, Москва, Ленинский проспект, 29
Тел.: (495) 952-59-27, Факс: (495) 633-85-20
Эл. почта: tips@ips.ac.ru; <http://www.ips.ac.ru>

ОКПО 02699518; ОГРН: 1027739824991;

ИНН: 7725009733; КПП: 772501001

30.10.2025 № 12103-65/2171-102-24

На № 1-2-7/2069/03 от 23.09.2025

Председателю диссертационного совета
74.1.001.01

д.х.н., профессору, академику РАН,
Стороженко Павлу Аркадьевичу

105118, г. Москва, шоссе Энтузиастов, 38

Отзыв ведущей организации

ИНХС РАН направляет официальный отзыв ведущей организации на диссертационную работу Шаухина Максима Константиновича «Синтез хромсодержащих иттрийоксаналюмоксанов, изучение свойств и расчет молекулярных структур олигомерных молекул – предшественников алюмоиттриевой керамики, модифицированной хромом», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.8. – Химия элементоорганических соединений; 1.4.7. – Высокомолекулярные соединения.

Приложение: отзыв на 6 (шести) стр. в 2 экз.

Директор, академик РАН, д.х.н.



А.Л. Максимов

Исп. М.А. Зоткин

8-977-895-23-42

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Ордена Трудового Красного Знамени

Института нефтехимического синтеза

имени А.В. Топчиева

Российской академии наук

академик РАН, доктор химических наук

Максимов Антон Львович

подпись

«30» октября 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Шаухина Максима Константиновича на тему:
**«Синтез хромсодержащих иттрийоксаналюмоксанов, изучение свойств и
расчет молекулярных структур олигомерных молекул – предшественников
алюмоиттриевой керамики, модифицированной хромом»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальностям 1.4.8. – Химия элементоорганических соединений;
1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

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 актуальной и востребованной для авиационной промышленности, в области производства оптической керамики и др.

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 органохромоксантийоксаналюмоксановых 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.

Диссертация написана по классической схеме и состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, обсуждения результатов, выводов и списка литературы. Работа изложена на 151 странице, содержит 27 таблиц, 110 рисунков и ссылается на 115 источников.

Во введении аргументированно обоснована актуальность сформулированной темы диссертации, поставлена цель и определены задачи исследования, раскрыта научная новизна и практическая значимость работы.

В литературном обзоре проведен детальный анализ актуальных литературных источников по теме диссертационного исследования: особенности молекулярной структуры алюмоксановых, иттриевых и хромсодержащих соединений; анализ структур органоалюмоксанов и схожих с ними по строению соединений. Глава завершается обобщением результатов по проведенному обзору литературы и актуальности проведения компьютерного расчёта структуры олигомерных фрагментов элементоорганических керамообразующих предшественников, который позволит оценить достоверность вероятного строения конкретной структуры олигомерного органоэлементоксаналюмоксана, что в свою очередь даст возможность предположить состав и строение керамических композиций на других уровнях (микроструктурном, наноструктурном или аморфном), которые невозможно осуществить любыми другими известными способами.

В экспериментальной части представлены разработанные способы синтеза органохромоксантийоксаналюмоксановых олигомеров, проведен анализ современными методами: СЭМ с ЭДС, ЯМР, ИК спектроскопия, ТГА, РФА, а также проведено моделирование молекулярной структуры исходных, промежуточных и конечных соединений. Следует отметить, что применение совокупности этих методов свидетельствует о высоком уровне проведённых исследований, а также надёжности получаемых данных по результатам экспериментов.

Первый раздел главы «Обсуждение результатов» посвящен физико-химическим исследованиям хромсодержащих иттрийоксаналюмоксановых олигомеров (Cr-YAl-1–Cr-YAl-6) с разными мольными соотношениями Al/Y и Al/Cr. Предложены вероятные структуры основных олигомерных фрагментов органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов. Представлен процесс термохимической трансформации хромсодержащих органоиттрийоксаналюмоксанов в атмосфере воздуха в диапазоне 20–1600°C. Показано, что некоторые органохромоксанииттрийоксаналюмоксаны могут обладать волокнообразующими свойствами, а на основе сформованных полимерных волокон из олигомера Cr-YAl-1 ($Al/Y \approx 1.8$, $Al/Cr \approx 180$) можно получать керамические волокна, модифицированные хромом. *Второй раздел* посвящен моделированию структур органоалюмоксанов, иттрийоксаналюмоксанов и хромсодержащих иттрийоксаналюмоксановых олигомеров, а также их визуализации. В программном комплексе HyperChem при помощи квантово-химических методик построены ранее не моделируемые структуры. *Третий раздел* посвящен сравнению полученных расчётных данных с литературными.

В заключении автором формулируется обобщение всех глав, где отмечается достижение цели исследования посредством решения поставленных задач.

Научная новизна заключается в том, что автор впервые установил образование единой пространственной элементоксановой структуры в процессе соконденсации хелатированных иттрийоксаналюмоксанов с ацетилацетонатом хрома. Была показана сложность олигомерных структур органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов, которые, как оказалось состоят из различных фрагментов (органоалюмоксановых, органоиттрийоксаналюмоксановых, органохромоксаналюмоксановых и органохромоксанииттрийоксаналюмоксановых), их процентное содержание в олигомере зависит от мольного отношения Al/Y и Al/Cr. Также впервые были проведены квантово-химические расчёты молекулярного строения и представлена визуализация олигомерных фрагментов наиболее вероятных органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов в программном комплексе «HyperChem».

Практическая значимость работы обусловлена, во-первых, перспективностью органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов в качестве предшественников компонентов керамических композиционных материалов. Во-вторых, были обнаружены волокнообразующие свойства органохромоксанииттрийоксаналюмоксанов – в частности методом расплавного формования, получены непрерывные полимерные волокна. В-третьих, показана хорошая растворимость хромсодержащих иттрийоксаналюмоксановых олигомеров в углеводородных и спиртовых растворителях, что открывает возможность использования их растворов в качестве связующих для матриц или пленкообразующих композиций для барьерных и защитных покрытий. Наконец, с

помощью моделирования рассчитаны структуры возможных исходных органоалюмоксановых и органоиттрийоксаналюмоксановых олигомеров, а также образующихся фрагментов и проведена их визуализация. Также новизна и практическая значимость работы подтверждены патентом РФ.

Достоверность и научная обоснованность результатов исследований диссертационной работы подтверждается использованием современных физико-химических методов для характеристики синтезированных соединений (ЯМР и ИК-спектроскопия, элементный анализ, термогравиметрический анализ, сканирующая электронная микроскопия, рентгеновский элементный микроанализ, рентгеновская дифракция), а также согласованностью этих методик между собой.

Личный вклад диссертанта заключается в сборе и анализе данных по теме исследования, выполнении основного объема экспериментальной работы, построении и расчёте полученных структур в программном комплексе «HyperChem». По результатам исследования опубликовано 9 научных работ: 3 статьи в российских и зарубежных журналах (рекомендуемых ВАК); 1 патент и 5 тезисов докладов; публикации отражают диссертационную работу в полной мере.

Несмотря на положительную оценку работы Шаухина М.К. по диссертации имеется ряд несущественных замечаний и вопросов:

- Подразделы литературного обзора не содержат соответствующих кратких выводов – это бы улучшило восприятие данной главы; экспериментальная часть содержит обсуждения результатов и полученные результаты, включая спектры и таблицы – следовало бы перенести всю эту информацию в соответствующую главу во избежание путаницы.
- При указании параметров решетки в некоторых случаях длина указывается с точностью до 3 значащих цифр, в других – до 5. Какая точность является достоверной для соответствующих методов? То же касается и других параметров. Стоит придерживаться единого стиля разделителя десятичной дроби (либо точка, либо запятая).
- В тексте отсутствует пояснение, что из себя представляют иттрий-алюминиевые гранаты? Следовало бы ввести этот термин в начале работы и представить соответствующую структуру в общем виде.
- При сравнении расчетных параметров с теоретическими, установлено, что зависимость длин связей в «ядре» олигомера (Al-O-Al) имеет отклонение от литературных данных, а также, что длины связей фрагментов органоалюмоксанов $C_{20}H_{40}O_{14}Al_4$ и $C_{22}H_{45}O_{16}Al_5$ имеют отклонения от координационных связей, такие же расхождения есть и при сравнении литературных и расчетных данных для Y-O, однако в тексте работы не приведены объяснения.
- Каким образом молярное соотношение Al/Y влияет на волокнообразующие свойства олигомеров – как Вы предполагаете, почему при соотношении Al/Y = 20 теряется это свойство? Измерялись ли механические свойства полученных волокон, такие как прочность при разрыве, модуль Юнга и др?

- Многие рисунки и спектры представлены в низком разрешении (напр, Рис. 2-3, 14, 27-28, 72, 88, 91-94, 98 и др.), у некоторых графиков отсутствуют подписи к осям и/или понятная легенда, надписи плохо читаемы, возникает вопрос целесообразности большого количества однотипного графического материала. Удобнее было бы использовать локальную нумерацию таблиц/рисунков, с учетом номера главы (напр., 2.12); также критически не хватает подписи к схемам, на которые диссертант ссылается в тексте.
- В тексте имеется ряд орфографических ошибок и неточностей, например: в заголовке таблицы 4 указано: «Длины водородных связей и углов...», однако значения углов в ней не приводятся; с. 11 «в которой присутствовали»; с. 25 «структура состоит из атомов $\text{Al}_2\text{O}(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{NO})_4$ »; с. 40 «длины связей и углов»; рис. 31 «машинная мешалка»; на рис. 32 ошибочно указаны температуры 3500 и 15000С и др.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и касаются, в основном, оформления работы, но не снижают научной ценности и значимости проведенного исследования. Диссертация представляет собой законченное научно-квалификационное исследование, выполненное с привлечением современных физико-химических методов исследования.

Автореферат диссертации соответствует всем необходимым требованиям и в полной мере отражает диссертационную работу.

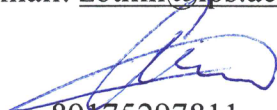
Полученные результаты могут быть рекомендованы к использованию в МГУ им. М.В. Ломоносова, РХТУ им Д.И. Менделеева, РТУ МИРЭА, ИНЭОС им. А.Н. Несмеянова РАН, ФГБУН ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, «Московский авиационный институт» (НИУ МАИ), ИОНХ им. Н.С. Курнакова РАН, НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, АО «ВНИИИМ», ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина, АО «Композит», АО «ЦНИИСМ» и др.

Таким образом, диссертационная работа Шаухина М.К. на тему «Синтез хромсодержащих 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 по паспортам специальностей 1.4.8. – Химия элементоорганических соединений и 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки), а ее автор – Шаухин Максим Константинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.8. – Химия элементоорганических соединений и 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки).

Отзыв ведущей организации обсужден на заседании секции «Высокомолекулярные соединения» при Ученом Совете ИНХС РАН, протокол № 13 от 28 октября 2025 г.

Отзыв подготовили: младший научный сотрудник лаборатории «Кремнийорганических и углеводородных циклических соединений», кандидат химических наук (специальность 1.4.7, высокомолекулярные соединения) Зоткин М.А. и старший научный сотрудник лаборатории «Кремнийорганических и углеводородных циклических соединений», кандидат химических наук (специальность 1.4.7, высокомолекулярные соединения) Алентьев Д.А.

 / Зоткин Максим Александрович
Тел: 89778952342
Email: zotkin@ips.ac.ru

 /Алентьев Дмитрий Александрович
Тел: 89175297811
Email: d.alentiev@ips.ac.ru

Подписи к.х.н., м.н.с. Зоткина Максима Александровича и к.х.н., с.н.с. Алентьева Дмитрия Александровича заверяю

Ученый секретарь ИНХС РАН,
доктор химических наук, доцент Костина Ю.В.

Контакты ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН)
119991, ГСП-1, Москва, Ленинский проспект, 29
Тел. +7(495) 955-42-01
E-mail: director@ips.ac.ru