



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

НИЦ «Курчатовский институт» –
ВИАМ

С.В. Яковлев

« 12 » марта 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Похоренко Анастасии Сергеевны
«Керамообразующие органомэгноксаналомоксаны, модифицированные
тугоплавкими металлами или кремнием: синтез, свойства, пиролиз»,
представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по
специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений

Актуальность темы диссертационного исследования

В условиях интенсивного развития техники возникает потребность в конструкционных материалах, способных выдерживать высокие температуры без разрушения и сохранять высокие механические и теплофизические свойства. Особое внимание уделяется керамическим композитам, которые могут работать при высоких температурах и в коррозионных условиях, практически не теряя своих механических свойств. Однако традиционная техническая керамика, производимая методом спекания оксидных порошков, имеет существенные недостатки, такие как низкая прочность и термостойкость. Эти ограничения существенно сужают возможности применения традиционных материалов в экстремальных условиях.

Разработка новых высокофункциональных керамических материалов с улучшенными физико-механическими характеристиками становится ключевой задачей. Химические методы подготовки исходных материалов и синтеза прекурсоров играют важнейшую роль в этом процессе, поскольку они позволяют создавать высокоплотную керамику с однородной структурой, что значительно повышает стабильность её эксплуатационных свойств. Исследование, представленное в диссертационной работе Похоренко А.С., посвящено синтезу высокочистых органомэгноксаналомоксансилоксановых и Zr-, Hf- или Cr-содержащих органомэгноксаналомоксановых олигомеров. Эти соединения являются предшественниками компонентов керамокомпозитов Zr, Hf или Cr-шпинельного и магниэгномосиликатного составов.

Необходимо отметить, что данная работа является логическим продолжением многолетних исследований в области химии органомэгноксаналомоксанов проводимых в ГНЦ РФ «ГНИИХТЭОС».

Таким образом, проведение исследований в области синтеза новых органомэгноксанмагниэгноксаналомоксановых олигомеров для получения

керамических композиционных материалов с повышенными показателями является актуальной задачей.

Диссертационная работа Похоренко А.С. написана классическим образом и включает в себя введение, обзор литературы, экспериментальную часть, результаты экспериментов и их обсуждение, выводы, список цитируемой литературы. Работа изложена на 162 страницах, содержит 35 таблиц и 57 рисунков. Список литературы включает 290 ссылок.

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

В литературном обзоре рассматриваются основные методы синтеза органомэтаноксаналюмоксанов и органоалюмоксансилоксанов, а также возможные области их применения. Описаны методы синтеза, свойства и области использования керамических материалов, включая шпинельные, кордиеритовые и сапфириновые составы. Особое внимание уделено влиянию модифицирующих добавок на подобные оксидные системы. Подчеркивается, что для получения высококачественных керамических материалов, соответствующих современным требованиям, огромное значение имеет чистота исходных керамических порошков.

Достоинствами предшественников на основе керамообразующих олигомеров являются отсутствие неконтролируемых примесей, достижение высокой совместимости компонентов, возможность моделирования микро- и макроструктуры керамики на стадии синтеза керамообразующего олигомера (полимера), а также возможность получения нанокерамических изделий сложной геометрии без применения чрезмерно высоких температур и давлений.

В заключение делается вывод о необходимости исследования возможности синтеза керамообразующих органоэлементоксанэтаноксаналюмоксановых олигомеров, которые являются предшественниками компонентов: связующие, волокна, наполнители и пленкообразователи керамокомпозитов востребованных оксидных составов.

В экспериментальной части представлены характеристики исходных соединений, которые использовали в диссертации. Описаны методы синтеза органомэтаноксаналюмоксансилоксанов и органометаллоксанэтаноксаналюмоксанов, а также методы их анализа. Детально изложены результаты экспериментов и данные анализа физико-химических свойств исходных компонентов органомэтаноксаналюмоксанов, полученных в рамках данного исследования. В частности, приведены спектры ЯМР и ИК, результаты термогравиметрических исследований, а также данные СЭМ о морфологии поверхности и элементном составе олигомеров и керамических порошков на их основе, полученных в результате пиролиза.

В главе «Обсуждение результатов» Описаны схемы химических реакций и изложен принцип их взаимодействия, а также предложены расчетные модели основных олигомерных фрагментов. Отдельное внимание уделено анализу

характеристик и свойств керамических порошков, полученных посредством пиролиза при различных температурах синтезированных автором олигомеров. Представлены схемы термических превращений органоэлементоксанмагнийоксаналюмоксанов в керамические фазы. Предложены возможные области применения новых синтезированных олигомеров.

В **итоговых выводах** работы автором отмечается достижение цели исследования посредством решения поставленных задач.

Научная новизна исследования заключается в том, что автором был детально изучен процесс соконденсации органомагнийоксаналюмоксановых олигомеров с ТЭОС, ЭТС-40 и ацетилацетонатами тугоплавких металлов (Zr, Hf или Cr). Были предложены структуры основных олигомерных фрагментов и расчетные модели олигомерного состава полученных соединений. Исследованы процессы термотрансформации органоэлементоксанмагнийоксаналюмоксанов в керамические фазы. В частности, установлено, что в результате пиролиза хромсодержащих органомагнийоксаналюмоксанов, в которых атом хрома встроен в молекулярную структуру олигомера, образуются магний-хром-алюминиевые шпинели ранее не описанного состава: $Mg_{0,967}Al_{1,985}Cr_{0,048}O_4$ и $Mg_{0,75}Al_{1,3125}Cr_{0,9375}O_4$.

Практическая значимость работы обусловлена тем, что синтезированные органоэлементоксанмагнийоксаналюмоксаны могут быть использованы в качестве предшественников компонентов керамических композиционных материалов. Для этих соединений была определена способность к волокнообразованию, и показана возможность получения непрерывных "зеленых" волокон. Также было отмечено, что синтезированные олигомеры хорошо растворяются в органических растворителях, что позволяет применять их для приготовления пленкообразующих и пропиточных растворов.

Кроме того, новизна и практическая значимость работы подтверждается патентами РФ.

Достоверность и научная обоснованность полученных результатов и выводов диссертационной работы подтверждена использованием современных сертифицированных и поверенных приборов для определения структуры и чистоты полученных соединений с применением современных физико-химических методов, таких как спектроскопия ЯМР, ИК, рентгено-флуоресцентный метод анализа, термогравиметрия, сканирующая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ и ряд других методов.

Личный вклад диссертантки заключается в сборе и анализе данных по теме исследования, выполнении основного объема экспериментальной работы, изучении физико-химических свойств и интерпретации особенностей молекулярной структуры синтезированных олигомеров, в изучении процесса термохимической трансформации полученных соединений. По результатам исследования опубликовано 18 научных работ: 6 статей в научных журналах, из которых 5 включены в перечень ВАК; 2 патента и 10 тезисов докладов;

публикации отражают диссертационную работу в полной мере.

Диссертационная работа Похоренко А.С. представляет собой вполне законченный научный труд, безусловно отвечающий по своему содержанию диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук. Автореферат передает основное содержание диссертации в краткой форме.

Замечания по диссертационной работе

1. В тексте диссертации присутствует ряд опечаток, орфографических ошибок.
2. На представленной схеме термотрансформации (36) отсутствует расшифровка всех радикалов R, а также значений коэффициентов (n, k, m и т.д.).
3. Присутствует ряд рисунков низкого качества, либо с плохо читаемыми обозначениями на них.
4. В своей работе автор приводит многочисленные таблицы с результатами элементного анализа, где приведены графы с заданным мольным отношением элементов и мольным отношением, полученным экспериментально. Для большинства образцов видно, что значения имеют практически 100 % сходимость, однако, в некоторых случаях есть отклонения. Из этого не ясно, в каком случае можно считать полученные значения приемлемыми. Стоит указать доверительный интервал для полученных результатов.
5. Полученные автором олигомеры были исследованы на волокнообразующую способность, но нет информации о том, проводилось ли изучение механических свойств полученных волокон, а также получение из них керамических волокон?

Указанные замечания не снижают достоинства представленной работы. По объёму выполненных самостоятельных исследований, высокому уровню, актуальности, очевидной научной новизне и значимой практической ценности диссертационная работа А.С. Похоренко представляет собой законченное исследование в области химии элементоорганических соединений.

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 «ВНИИНМ», ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина, АО «Композит», АО «ЦНИИСМ» и др.

Таким образом, диссертационная работа Похоренко А.С. на тему «Керамообразующие органоматгнийоксаналюмоксаны, модифицированные тугоплавкими металлами или кремнием: синтез, свойства, пиролиз» соответствует всем критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», п.п. 9-14, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Похоренко Анастасия Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.8 Химия элементоорганических соединений.

Дата рассмотрения и утверждения отзыва

Отзыв рассмотрен на заседании НТС НИО «Неметаллические материалы, металлические композиционные материалы и теплозащита» 10 марта 2026 г. (протокол № 9) и утвержден на заседании Президиума НТС НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ 11 марта 2026 г. (протокол № 14).

Начальник НИО «Неметаллические материалы, металлические композиционные материалы и теплозащита», к.т.н.



Чайникова
Анна
Сергеевна

Начальник лаборатории № 613 «Керамические композиционные материалы, антиокислительные покрытия и жаростойкие эмали», к.т.н.



Ваганова
Мария
Леонидовна

Заместитель начальника лаборатории № 613 «Керамические композиционные материалы, антиокислительные покрытия и жаростойкие эмали», к.т.н.



Лебедева
Юлия
Евгеньевна

Ведущий научный сотрудник лаборатории № 612 «Полимерные связующие, клеи и специальные жидкости», к.х.н.



Шестаков
Алексей
Михайлович

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ)

Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17

Тел./факс: +7 (499) 261-86-77/+ 7 (499) 267-86-09

E-mail: admin@viam.ru

Подписи Чайниковой А.С., Вагановой М.Л., Лебедевой Ю.Е., Шестакова А.М. заверяю

Зам. Председателя
«Ученого совета»,
к.т.н., доцент



Данила
Сергеевич
Свириденко