

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси



Ж.В. Игнатович

2026 г.

ОТЗЫВ

оппонирующей организации на диссертационную работу

Осипенко Марии Александровны
«Ингибирование коррозии растворимыми молибдатами и перманганатами
легированных литием сверхлегких сплавов магния»,

представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 02.00.04 – физическая химия

Экспертом по кандидатской диссертации в соответствии с приказом директора Государственного научного учреждения «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси» А.А. Рогачева № 70 от «14» мая 2026 г. назначен заведующий лабораторией оптических многофункциональных пленок, кандидат химических наук, доцент Соломянский Александр Ефимович.

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертационная работа Осипенко Марии Александровны «Ингибирование коррозии растворимыми молибдатами и перманганатами легированных литием сверхлегких сплавов магния» посвящена установлению кинетических особенностей и механизмов коррозии легированных литием сверхлегких сплавов магния AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %) в растворах хлорида натрия без и в присутствии молибдата натрия и перманганата калия. Область исследований, задачи, содержание и полученные результаты соответствуют паспорту заявленной специальности 02.00.04 – физическая химия, отрасли наук «химические науки»: п. 2 (химическая кинетика: изучение факторов, определяющих скорость химических реакций, механизмы сложных химических процессов) и п. 7 (закономерности изменения структуры и состава химических систем в условиях комбинированных физических и физико-

химических воздействий; гетерогенный катализ), п. 8 (физико-химические основы процессов химических технологий).

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

Основными областями применения магниевых сплавов являются аэрокосмическая промышленность и автомобилестроение, для которых ключевое значение имеет обеспечение высокой надежности металлических узлов и деталей машин при сохранении низкой удельной массы и потребления топлива. Вместе с тем, использование магниевых сплавов сопровождается рядом ограничений, среди которых наиболее значимой проблемой остается высокая коррозионная активность, существенно осложняющая разработку и внедрение новых материалов и изделий на основе этих сплавов.

Коррозионные свойства магниевых сплавов существенно зависят от их микроструктуры, природы и содержания легирующих компонентов. В научной литературе достаточно подробно изучены механизмы коррозии магния и некоторых его сплавов, а также предложены способы повышения их коррозионной устойчивости с использованием различных ингибиторов, преимущественно хроматов. Вместе с тем, механизмы коррозии сверхлегких литийсодержащих магниевых сплавов практически не изучены. В частности, не установлена роль в коррозионных процессах входящих в состав этих сплавов интерметаллических фаз. Кроме того, практически отсутствуют сведения о возможности эффективного ингибирования коррозии данных сплавов с использованием растворимых бесхроматных ингибиторов.

По результатам детального анализа научно-технической и патентной литературы соискателем была выбрана область исследований, включающая:

– фазовый и элементный составы, а также локальные электрохимические свойства поверхности сверхлегких магниевых сплавов Mg–Al–Zn–Mn–Li в зависимости от количественного содержания в них лития;

– электрохимические и химические процессы, протекающие при коррозии литийсодержащих магниевых сплавов в хлоридсодержащих средах без и с добавлением ингибиторов (молибдатов и перманганатов), в зависимости от количественного содержания лития, концентрации ингибитора и времени воздействия коррозионной среды;

– химический состав слоев, формируемых на поверхности литийсодержащих магниевых сплавов в процессе их коррозии в растворах хлорида натрия без и с добавлением ингибиторов (молибдатов и перманганатов) в зависимости от количественного содержания лития и времени коррозионного воздействия;

– установление механизмов коррозии и ингибирования коррозии растворимыми молибдатами и перманганатами сверхлегких сплавов магния в хлоридсодержащих средах.

Соискателем с применением комплекса физико-химических и электрохимических методов исследований выявлена роль структурно-химического и электрохимического состояния поверхности литийсодержащих сплавов магния AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %) в локализации и развитии коррозионных процессов; обоснованы и предложены механизмы коррозии исследуемых сплавов в растворах хлорида натрия без ингибитора и с добавлением молибдата натрия и перманганата калия в зависимости от количественного содержания лития в составе сплавов и времени контакта с коррозионной средой. Предложено применение метода многочастотной электрохимической импедансной спектроскопии в гальваностатическом режиме для оценки комплексного сопротивления поверхности исследуемых сплавов магния и разработан комплексный подход направленного выбора рабочего диапазона концентраций ингибиторов, обеспечивающих эффективную защиту от коррозии. Впервые показана эффективность использования молибдата натрия и перманганата калия в качестве экологически безопасных ингибиторов коррозии литийсодержащих сплавов магния, защитный эффект которых превышает 85%.

3. Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень

Наиболее важные экспериментальные и теоретические результаты, за которые Осипенко М.А. может быть присуждена ученая степень кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия, включают:

– выявление особенностей структуры, фазового и элементного составов оригинальных магниевых сплавов AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %), а также распределения Вольта-потенциала по их поверхности, позволивших обосновать роль матричных фаз и интерметаллических частиц в составе магниевых сплавов в локализации и развитии процессов коррозии;

– установление кинетических закономерностей коррозии сплавов магния AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %) в водных растворах хлорида натрия без и с добавлением молибдата натрия и перманганата калия в зависимости от количественного содержания лития в сплаве, концентрации ингибитора, продолжительности коррозионного воздействия модельной среды, показавших снижение скорости коррозии с ростом концентрации ингибитора в коррозионной среде от 50 до 150 мМ и с уменьшением содержания лития в

составе сплавов, что позволило обосновать рабочие диапазоны концентраций ингибитора, при которых по данным поляризационных исследований значения защитного эффекта превышают 80%, а силы ингибитора – 7,0;

– совокупность результатов электрохимических исследований сплавов магния AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %) в 0,05 М растворе NaCl, а также результатов химического анализа образующихся слоев продуктов коррозии, позволивших экспериментально обосновать механизмы коррозии сплавов, включающие: для сплава AZ31 – стадию локальной коррозии на границе раздела фаз Mg-матрица|катодные интерметаллические частицы, постепенно переходящую в коррозию всей поверхности, а для литийсодержащих сплавов – стадию селективного растворения лития из твердых растворов матричных фаз и литийсодержащих интерметаллических частиц, переходящую в равномерную коррозию всей поверхности;

– экспериментально обоснованные механизмы ингибирования коррозии сплавов магния AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %) молибдатом натрия и перманганатом калия в 0,05 М растворе NaCl, включающие: для сплава AZ31 начальную стадию адсорбции молибдат-ионов на катодных интерметаллических частицах или перманганат-ионов на всей поверхности, а для литийсодержащих магниевых сплавов – селективное растворение лития из состава матричных фаз и интерметаллических частиц с последующей адсорбцией ингибитора на всей поверхности сплавов; стадии химических превращений, протекающих на поверхности сплавов и приводящих к формированию защитных слоев, состоящих из гидроксида и карбоната магния, карбоната лития, а также соединений Mo(IV)-Mo(V)-Mo(VI) или Mn(III)-Mn(IV), что по результатам динамической электрохимической импедансной спектроскопии при концентрации в растворе 150мМ Na₂MoO₄ обеспечивает максимальный защитный эффект 94, 98, 99, 96% и силу ингибитора 11,4, 18,7, 20,4, 13,6, а при концентрации 150мМ KMnO₄ – максимальный защитный эффект 86, 98, 99, 94% и силу ингибитора 8,4, 19,5, 20,8, 12,5 для сплавов AZ31-xLi, содержащих 0, 4, 8, 12 масс. % Li соответственно.

4. Замечания по диссертации

1. В разделе 1.4.3 не описаны недостатки метода плазменного электролитического оксидирования, используемого для защиты от коррозии магниевых сплавов.

2. Отсутствует обоснование выбора 0,05 М раствора хлорида натрия в качестве коррозионной среды.

3. Отсутствует информация об устойчивости защитных слоев, образующихся в присутствии ингибиторов при длительном воздействии (более 24 часов) коррозионной среды.

4. Данные микроструктуры, химического анализа поверхности исследуемых сплавов, приводятся соискателем после контакта с коррозионной средой в течение 1 и 24 ч, а электрохимические исследования после 24 ч в работе не представлены.

Сделанные замечания не затрагивают сути работы и не снижают ее положительной оценки.

5. Рекомендации по практическому применению

Практическая значимость полученных соискателем результатов заключается в экспериментальном подтверждении высокой эффективности предложенных бесхроматных ингибиторов молибдата натрия и перманганата калия для антикоррозионной защиты сверхлегких литийсодержащих сплавов магния. Результаты работы могут быть использованы при разработке составов для нанесения коррозионностойких конверсионных покрытий на сплавы магния (получен патент Республики Беларусь на изобретение ВУ 24752).

Имеется 5 актов внедрения в учебный процесс на кафедре физической, коллоидной и аналитической химии БГТУ (дисциплина «Физическая химия»).

6. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Диссертационная работа «Ингибирование коррозии растворимыми молибдатами и перманганатами легированных литием сверхлегких сплавов магния» Осипенко Марии Александровны представляет собой завершенную квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне и соответствующую всем требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук, и соответствует п. 20, п. 21 «Положение о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий».

Автореферат и публикации в полном объеме отражают содержание диссертации.

По теме диссертационной работы опубликовано 19 публикаций, в том числе 6 статей в научных рецензируемых изданиях, соответствующих п. 19 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий», 9 статей в сборниках материалов научных конференций, 3 тезисов докладов на научных конференциях, получен 1 патент Республики Беларусь на изобретение. Необходимо отметить, что значительная часть результатов диссертационного

исследования получена в рамках выполнения научно-исследовательских грантов, руководителем которых выступал соискатель.

Полученные в работе экспериментальные данные, их анализ и интерпретация, количество и уровень публикаций подтверждают высокую квалификацию автора. Осипенко Мария Александровна является квалифицированным специалистом в области физической химии и заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия за новые научно обоснованные теоретические и экспериментальные результаты, включающие:

- комплексную оценку структурно-химических и локальных электрохимических свойств поверхности магниевых сплавов AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %), позволившую выявить роль интерметаллических частиц, α - и β -матричных фаз в зарождении и развитии коррозионных процессов, а также прогнозировать подверженность сверхлегких сплавов магния локальным видам коррозии в зависимости от содержания в них лития;

- экспериментально установленные кинетические параметры коррозии магниевых сплавов AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %) в растворе хлорида натрия без и с добавлением молибдата натрия и перманганата калия натрия в зависимости от количественного содержания лития в сплаве, концентрации ингибитора, продолжительности коррозионного воздействия среды, что позволило обосновать рабочие диапазоны концентраций ингибиторов коррозии сверхлегких сплавов магния;

- установленные механизмы коррозии сплавов магния AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %) в 0,05 М растворе NaCl, включающие начальные стадии локализации коррозионного разрушения на межфазной границе матричная фаза|катодная интерметаллическая частица для сплава AZ31 или селективного растворения лития из твердых растворов матричных фаз и литийсодержащих частиц для литийсодержащих сплавов, которые в последствии переходят в равномерную коррозию всей поверхности сплавов;

- экспериментально обоснованные механизмы ингибирования коррозии сплавов магния AZ31-xLi ($x = 0, 4, 8, 12$ масс. %) молибдатом натрия и перманганатом калия при их содержании в растворе хлорида натрия 150мМ в зависимости от природы ингибитора, содержания лития в сплаве, продолжительности коррозионного воздействия среды, включающие стадии селективного растворения лития из состава сплава, адсорбцию ионов ингибиторов на катодных интерметаллических частицах или на всей поверхности сплава, сопровождающуюся протеканием ряда химических превращений, что приводит к формированию защитных слоев, включающих гидроксид и карбонат магния, карбоната лития, а также соединения

ингибиторов переменной валентности Mo(IV)-Mo(V)-Mo(VI) или Mn(III)-Mn(IV), обеспечивающих по результатам динамической электрохимической импедансной спектроскопии защитный эффект и силу ингибитора, превышающие 86 % и 8,4 соответственно.

Таким образом, полученные соискателем в рамках диссертационной работы результаты вносят значительный вклад в развитие физической химии, устанавливая взаимосвязь между составом и структурой сверхлегких литийсодержащих сплавов магния систем Mg-Al-Zn-Mn-Li и механизмами их коррозии в водных растворах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа «Ингибирование коррозии растворимыми молибдатами и перманганатами легированных литием сверхлегких сплавов магния» соискателя Осипенко Марии Александровны является завершенным самостоятельным квалификационным исследованием, соответствующим всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук. Работа выполнена на высоком научном уровне, сформулированные в ней научные положения и выводы основаны на обширном экспериментальном материале.

Отзыв эксперта заведующего лабораторией оптических многофункциональных пленок, кандидата химических наук, доцента Соломянского Александра Ефимовича был обсужден и после обсуждения устного доклада соискателя утвержден на заседании расширенного научного семинара Государственного научного учреждения «Институт химии новых материалов» НАН Беларуси (протокол №3 от «26» мая 2026 г.)

В работе расширенного научного семинара приняли участие 15 человек, в том числе с ученой степенью доктора наук – 1, кандидата наук – 13.


Результаты голосования: «за» – 14, «против» – 0, «воздержались» – 0 (в голосовании принимали участия лица, имеющие степени доктора и кандидата наук).

Выражаем согласие на размещение отзыва оппонировавшей организации в интернете.

Председатель заседания,
кандидат химических наук, доцент

Эксперт,
кандидат химических наук, доцент

Секретарь заседания,
кандидат химических наук

 А.Ю. Сидоренко

 А.Е. Соломянский

 Ю.К. Михайловский