

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 24.1.145.01  
на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук  
(Министерство науки и высшего образования Российской Федерации)  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 25 ноября 2021 г., № 4

о присуждении Вялому Игорю Евгеньевичу, гражданину РФ, учёной степени кандидата химических наук.

Диссертация Вялого Игоря Евгеньевича «Гидрофобные покрытия на сплавах алюминия и магния, формируемые с использованием плазменного электролитического оксидирования» в виде рукописи по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 21 сентября 2021 г. (протокол № 3) диссертационным советом Д 24.1.145.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук (Министерство науки и высшего образования Российской Федерации), 690022 г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159, приказ № 561/нк от 03 июня 2021 г.).

Соискатель, Вялый Игорь Евгеньевич, 1990 года рождения, гражданин России, работает младшим научным сотрудником в лаборатории нестационарных поверхностных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИХ ДВО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2012 г. соискатель Вялый Игорь Евгеньевич окончил Дальневосточный федеральный университет по специальности «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов». В период подготовки диссертации с июля 2012 г. по июль 2016 г. обучался в очной аспирантуре по специальности 02.00.04 Физическая химия Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в отделе электрохимических систем и процессов модификации поверхности Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель к.х.н. Егоркин Владимир Сергеевич, зав. лабораторией электрохимических процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук.

ОППОНЕНТЫ: 1. Шаталов Валерий Константинович, гражданин РФ, д.т.н., проф. (05.16.06 Порошковая металлургия и порошковые материалы), зав. кафедрой материаловедение и химия, ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Калужский филиал;

2. Грузнев Димитрий Вячеславович, гражданин РФ, д.ф.-м.н. (01.04.07 Физика конденсированного состояния), гл.н.с. лаборатории технологии полупроводников и диэлектриков, ФГБУН Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный

технический университет (УГАТУ), в своем положительном заключении, подписанном ДУДАРЕВОЙ Натальей Юрьевной, д.т.н., проф. кафедры двигателей внутреннего сгорания ФГБОУ ВО УГАТУ, РАМАЗАНОВЫМ Камилем Нуруллаевичем, д.т.н., и.о. зав. кафедрой технологии машиностроения ФГБОУ ВО УГАТУ (протокол № 6 от 14 октября 2021 г.) и утвержденном Первым проректором ФГБОУ ВО УГАТУ д.т.н., проф. ЕНИКЕЕВЫМ Рустэмом Далиловичем, указала, что «Формирование гидрофобных и супергидрофобных покрытий, изучение их электрохимического поведения представляют собой важные этапы создания противокоррозионной защиты металлов и сплавов, эффективной не только в атмосферных условиях, но и в агрессивной среде. Научная значимость исследования заключается в расширении теоретических представлений о возможностях формирования защитных антикоррозионных гидрофобных и супергидрофобных слоев на поверхности металлов и сплавов. Практическое значение работы состоит в том, что формируемые ПЭО-покрытия перспективны для промышленного использования и могут расширить область применения алюминиевых и магниевых сплавов в аэрокосмической, автомобильной и других отраслях промышленности за счет значительного увеличения степени защиты изделий от коррозии путем повышения гидрофобности и улучшения механических свойств поверхностных слоев». В конце заключения отмечено, что диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. «О порядке присуждения ученых степеней»), а ее автор, Игорь Евгеньевич Вялый, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Соискатель имеет всего 63 публикации, из них по теме диссертации опубликовано 33 научных публикации, в том числе 11 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, 2 патента РФ и 20 тезисов докладов научных конференций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Egorkin V.S., Gnedenkov S.V., Sinebryukhov S.L., Vyaliy I.E., Gnedenkov A.S., Chizhikov R.G. Increasing thickness and protective properties of PEO-coatings on aluminum alloy // Surf. Coat. Technol. 2018. Vol. 334. P. 29–42.
2. Gnedenkov S.V., Sinebryukhov S.L., Egorkin V.S., Vyaliy I.E. Wettability and electrochemical properties of the highly hydrophobic coatings on PEO-pretreated aluminum alloy // Surf. Coat. Technol. 2016. Vol. 307. P. 1241–1248.
3. Gnedenkov S.V., Egorkin V.S., Sinebryukhov S.L., Vyaliy I.E., Pashinin A.S., Emelyanenko A.M., Boinovich L.B. Formation and electrochemical properties of the superhydrophobic nanocomposite coating on Mg–Mn–Ce magnesium alloy // Surf. Coat. Technol. 2013. Vol. 232. P. 240–246.
4. Egorkin V.S., Vyaliy I.E., Gnedenkov A.S., Izotov N.V., Tolkanov D.K., Runov A.K., Minaev A.N., Sinebryukhov S.L., Gnedenkov S.V. Influence of formation conditions on corrosion behavior of PEO-coatings during salt-spray test // Solid State Phenomena. 2020. Vol. 312. P. 319–324.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов. Отзывы поступили от:

1. д.х.н., проф. **Кузнецова Ю.И.** и к.х.н. **Чиркунова А.А.** – заведующего и в.н.с. лаборатории физико-химических основ ингибирования коррозии металлов ФГБУН Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН);
2. д.х.н. **Кирюхина Д.П.** – зав. лабораторией криохимии и радиационной химии ФГБУН Института проблем химической физики Российской академии наук (ИПХФ РАН);

3. д.ф.-м.н., проф. **Шаркеева Ю.П.** – зав. лабораторией физики наноструктурных биоконструктивных композиций ФГБУН Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН);

4. к.т.н. **Мушниковой С.Ю.** – начальника сектора «Коррозионные испытания конструкционных сталей» ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт конструктивных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»;

5. к.ф.-м.н. **Твердохлебова С.И.** – доцента НОЦ им. Б.П. Вейнберга, и.о. руководителя лаборатории плазменных гибридных систем Национального исследовательского Томского политехнического университета (ТПУ);

6. д.х.н. **Чуппиной С.В.** – н.с., доцента, начальника испытательной лаборатории ООО «Испытательная лаборатория КОНДЕЙ ПЛЮС».

Все отзывы положительные. В них отмечается актуальность, оригинальность и научная новизна работы, обоснованность и достоверность защищаемых положений. В отзыве д.х.н., проф. **Кузнецова Ю.И.** и к.х.н. **Чиркунова А.А.** указано, что «...изделия из алюминия, магния и их сплавов нуждаются в дополнительной противокоррозионной защите. Вероятным способом решения описываемой проблемы может быть создание гидрофобных композиционных покрытий с использованием плазменного электролитического оксидирования и материалов, снижающих поверхностную энергию, в том числе наноразмерных». В отзыве д.х.н. **Кирюхина Д.П.** отмечено, что «...исследованы влияние формы и частоты поляризуемого сигнала ПЭО, морфология, коррозионные, электрохимические и механические свойства получаемых композиционных покрытий, что, несомненно, свидетельствует о научной новизне работы». В отзыве к.ф.-м.н. **Твердохлебова С.И.** указано, что «...увеличение коэффициента заполнения приводит к снижению пористости покрытия, увеличению параметра шероховатости  $R_a$  и, как следствие, снижению смачиваемости водой». В отзыве к.т.н. **Мушниковой С.Ю.** отмечено, что «...образованная при ПЭО многомодальная шероховатость создала наилучшие условия для последующей модификации поверхности гидрофобным агентом». В отзыве д.х.н., н.с., доцента **Чуппиной С.В.** отмечено, что «Практическая ценность и научная новизна работы очевидны, - разработаны и запатентованы в РФ способ получения защитных покрытий на вентильных металлах и сплавах и способ получения защитных супергидрофобных покрытий на сплавах алюминия». В отзыве д.ф.-м.н., проф. **Шаркеева Ю.П.** указано, что «...работа обладает несомненной новизной, практической и научной значимостью».

В отзывах на диссертацию и автореферат имеются замечания и вопросы:

В отзыве д.х.н., проф. Кузнецова Ю.И. и к.х.н. Чиркунова А.А.: 1. «В тексте автореферата недостаточно информации о влиянии подготовительных процедур поверхности ПЭО-слоев на качество осаждения гидрофобного агента»; 2. «...возможно ли применение разработанных способов формирования композиционных покрытий и получение аналогичных результатов по осаждению гидрофобного агента на сплавах алюминия и магния...»; 3. «...проведен расчет токов коррозии, но не ясно, для какой системы он проводится. Происходит ли растворение основного металла в порах покрытия или в нём участвует и само покрытие? Если происходит растворение металла под ПЭО-покрытием (в порах), то расчет по отношению ко всей площади образца, большая часть которой, очевидно, электрохимически малоактивна, не дает возможности

точно судить о скорости локальных процессов»; 4. «Стр.11 “В то же время, нельзя исключать вытеснение захваченного воздуха при длительном контакте поверхности с жидкой фазой и ее проникновение внутрь микротрубок. Тогда коррозионная защита ГФ и СГФ покрытий будет значительно зависеть от барьерных параметров беспористого слоя ПЭО-покрытия”. «Проникновение жидкой фазы в поры покрытия, вероятно, свидетельствует о потере супергидрофобных/гидрофобных свойств. В этом случае защитные свойства покрытия зависят от барьерных параметров беспористого слоя даже не значительно, а исключительно»; 5. «Исходя из представленных данных (рис. 9), в течение 1 сут ГФ и СГФ покрытия показывают хорошую стабильность в коррозионной среде – 3% NaCl. Однако не ясно, насколько такие покрытия стабильны для более долгосрочной защиты этих металлов?». В отзыве д.х.н. Кирюхина Д.П.: 1. «...третью и четвертую главы диссертации было бы лучше связать представлением результатов общих исследований гидрофобных свойств формируемых покрытий с использованием разных составов электролитов и режимов формирования»; 2. «...возможно ли перенести режимы формирования ПЭО-покрытий, обладающих микротрубчатой морфологией, на алюминиевые сплавы, применяемые, например, в авиации?». В отзыве д.ф.-м.н., проф. Шаркеева Ю.П.: «...при оценке смачиваемости и электрохимических свойств в тестовой жидкости не использовали другие растворы, кроме 3 % хлорида натрия, вследствие чего создается впечатление, что многофункциональные поверхностные слои разрабатывались для применения в большей степени в морской среде, а не для расширения возможностей использования обрабатываемых, например, в авиации». В отзыве д.х.н., н.с., доцента Чуппиной С.В.: 1. «Необходимо уточнить концентрацию и природу поверхности диоксида кремния, пояснить, как вводили наночастицы диоксида кремния»; 2. «Было бы полезно указать силикатный модуль и концентрацию жидкого стекла, а также пояснить, каким методом отслеживалось изменение концентрации поверхностных гидроксильных групп». В отзыве к.ф.-м.н. Твердохлебова С.И., отзыве к.т.н. Мушниковой С.Ю. замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их специализацией, близкой к теме диссертационной работы. Предложенные оппоненты обладают высокой квалификацией в области исследования поверхностных слоёв и внесли значительный вклад в развитие физико-химических основ создания новых металлических, керамических и композиционных материалов, имеют большое число публикаций в ведущих рецензируемых научных изданиях, соответствующих тематике диссертации, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов; ведущая организация, ФГБОУ ВО УГАТУ, является одним из современных центров образования и проводит исследования процессов модификации поверхности металлов и их сплавов, в том числе применяемых в авиации. Отзыв ведущей организации, содержащий подробную, по главам, характеристику содержания диссертационной работы, высокую положительную оценку актуальности темы исследования, достоверности, новизны, теоретической и практической значимости изложенных результатов, обсужден и одобрен на заседании научного семинара УГАТУ в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработаны** способы формирования антикоррозионных гидрофобных и супергидрофобных композиционных покрытий на поверхности алюминиевых и магниевых сплавов, включающие ПЭО-обработку с последующей модификацией гидрофобным материалом;

- **впервые отработаны** оптимальные условия подготовки ПЭО-слоев на алюминиевых и магниевых сплавах для последующей модификации покрытий гидрофобным агентом и исследована морфология, электрохимические свойства, смачиваемость формируемых композиционных покрытий;

- **изучено** влияние формы и частоты поляризующего сигнала, используемого при плазменном электролитическом оксидировании, на свойства получаемых покрытий на сплаве алюминия АМгЗ в электролитах, содержащих органические и неорганические компоненты;

- **установлена** взаимосвязь между значением коэффициента заполнения поляризующего сигнала, используемого при плазменном электролитическом формировании покрытий на сплаве алюминия АМгЗ, и электрохимическими и механическими свойствами получаемых слоев.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что полученные в ходе выполнения диссертационной работы научные результаты расширяют теоретические представления о закономерностях формирования защитных антикоррозионных ГФ и СГФ покрытий на поверхности металлов и сплавов.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что разработаны и оптимизированы режимы создания базового ПЭО-слоя для последующей модификации гидрофобным агентом, практически значимые способы формирования на основе ПЭО-слоя композиционных ГФ и СГФ покрытий на магниевых и алюминиевых сплавах, существенным образом снижающие плотность тока коррозии в хлоридсодержащей среде. Формируемые ПЭО-покрытия перспективны для промышленного использования и могут расширить область применения алюминиевых и магниевых сплавов в аэрокосмической, автомобильной и других отраслях промышленности за счет значительного увеличения степени защиты изделий от коррозии, путем повышения гидрофобности и создания приемлемых для практики механических свойств поверхностных слоев. Разработан способ формирования ПЭО-покрытий в биполярном режиме при длительности поляризующего сигнала 5 мкс, обеспечивающий необходимое для промышленного использования улучшение коррозионных и механических свойства ПЭО-покрытий.

Достоверность полученных результатов подтверждается их воспроизводимостью, применением широкого спектра современных взаимодополняющих физико-химических методов исследования, представлением и обсуждением установленных закономерностей на тематических российских и международных научных мероприятиях и публикациями в рецензируемых научных журналах.

Личный вклад автора. Соискатель проанализировал литературные данные по теме исследования, провел основную часть экспериментов, обработал и проанализировал полученные экспериментальные данные, участвовал в обсуждении полученных результатов и написании научных статей, выступал с докладами на конференциях. Часть экспериментальных исследований проведена при участии сотрудников ИХ ДВО РАН.

Диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертация Вялого И.Е. соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований представлено решение важной научной проблемы повышения эффективности использования конструкционных и функциональных материалов в таких областях, как авиация, машиностроение, судостроение.

На заседании 25 ноября 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Вялому Игорю Евгеньевичу учёную степень кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 12 докторов наук по специальности физическая химия, 8 докторов наук по специальности неорганическая химия, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» присуждение учёной степени 19, «против» – нет, «недействительных бюллетеней» – 1.

Председатель

диссертационного совета Д 24.1.145.01  
академик

  
Сергиенко Валентин Иванович

Ученый секретарь диссертационного совета  
к.х.н.

  
Бровкина Ольга Владимировна

26 ноября 2021 г.