

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.07, созданного на базе

Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева
Министерства образования и науки Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № 18/25
решение диссертационного совета
от 16 июня 2025 г. № 10

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Савицкой Сирануш Артуровне, представившей диссертационную работу на тему «Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» по научным специальностям 2.6.17 Материаловедение, 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии, принятой к защите «12» мая 2025 г., протокол №9 диссертационным советом РХТУ.2.6.07 Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 15 человек приказом и.о. ректора Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева №267 от «08» июля 2022 г., № 317А от «01» ноября 2023 г., №52 ОД от «24» марта 2025 г.

Соискатель Савицкая Сирануш Артуровна 1980 года рождения в 2003 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по специальности «Технология электрохимических производств», диплом серия ИВС номер 0732844 от 27 февраля 2003 г.

В настоящее время соискатель работает в ФГКУ «Войсковая часть 35533».

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по научным специальностям 2.6.17 Материаловедение, 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии выполнена на кафедре инновационных материалов и защиты от коррозии в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Тема диссертационной работы «Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» утверждена на заседании Ученого совета факультета цифровых технологий и химического инжиниринга Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева 17 апреля 2025 г. (протокол № 06).

Научный руководитель кандидат химических наук, доцент Григорян Неля Сетраковна, профессор кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Официальные оппоненты:

– доктор химических наук, профессор **Истомина Наталия Владимировна**, проректор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ангарский государственный технический университет»;

– кандидат химических наук **Дровосеков Андрей Борисович**, старший научный сотрудник лаборатории строения поверхностных слоев, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 10 научных работах, опубликованных соискателем, в том числе 4 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus, и Chemical Abstracts; 6 тезисах докладов – в материалах всероссийских и международных конференций.

Опубликованные работы посвящены разработке импортозамещающих технологий очистки-кондиционирования, микротравления, палладиевой активации, позволяющих получать компактные, прочно сцепленные с основой, неосыпающиеся химические медные покрытия в отверстиях многослойных печатных плат (МПП), не уступающих зарубежным аналогам по скорости затяжки поверхности диэлектрика медным слоем, а также по стабильности и ресурсу растворов; исследованию зависимостей функциональных характеристик коллоидного активатора от состава и температуры смешиваемых компонентов активатора, способа и порядка их смешивания, функциональных характеристик комплексных активаторов от природы лигандов и состава растворов, зависимости ξ -потенциала диэлектрика от состава раствора кондиционирования. Опубликованные работы полностью отражают результаты, полученные в диссертации.

Апробация результатов научного исследования подтверждена публичными докладами на 6 международных и всероссийских конференциях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Grigoryan N.S. Surface preparation before chemical copper plating of holes in printed circuit boards. Part I / N.S. Grigoryan, **S.A. Savitskaya**, N.A. Asnis [et al.] // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2022. Vol. 11, No. 4. – P. 1593-1603. – DOI 10.17675/2305-6894-2022-11-4-11 (**Scopus, Web of Science**).
2. Bardina O.I. Solution for pre-pressing surface treatment of the conductive pattern of the inner layers of multilayer printed circuit boards / O.I. Bardina, N.S. Grigoryan, **S.A. Savitskaya** [et al.] // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2024. – Vol. 13, No. 1. – P. 460-474. – DOI 10.17675/2305-6894-2024-13-1-23 (**Scopus, Web of Science**).
3. Grigoryan N.S. Surface preparation before chemical copper plating of printed circuit board holes. Part II. Activation / N.S. Grigoryan, **S.A. Savitskaya**, I.S. Korotkikh [et al.] // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2024. – Vol. 13, No. 3. – P. 1741-1750. – DOI 10.17675/2305-6894-2024-13-3-23 (**Scopus, Web of Science**).
4. Савицкая С.А. Подготовка медной поверхности внутренних слоев многослойных печатных плат к прессованию / **С.А. Савицкая**, О.И. Бардина, Н.С. Григорян [и др.] // Химическая промышленность сегодня. – 2024. – № 4. – С. 69-76 (**Chemical Abstracts**).
5. Бардина О.И. Травление поверхности медной фольги с целью получения контролируемой шероховатой поверхности / О.И. Бардина, М.С. Солопчук, **С.А. Савицкая** [и др.] // Инновационные материалы и технологии – 2021: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Минск, 19 – 21 января 2021 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2021. – С. 194-195.
6. Митько Д.В. Кондиционирование поверхности диэлектрика в процессе металлизации отверстий печатных плат / Д.В. Митько, О.И. Бардина, **С.А. Савицкая** [и др.] // Инновационные материалы и технологии – 2021: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Минск, 19 – 21 января 2021 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2021. – С. 476-477.
7. Solopchuk M.S. Conditioning and etching of the surface of printed circuit boards holes prior to metallization / M.S. Solopchuk, O.I. Bardina, D.V. Mitko, N.S. Grigoryan, **S.A.**

Savitskaya, A.A. Abrashov, N.A. Asnis // Machines. Technologies. Materials. – 2021. – Issue 4. – P. 144-145.

8. Драгунова А.Ю. Перезарядка поверхности диэлектрика в процессе подготовки к химическому меднению / А.Ю. Драгунова, И.С. Коротких, С.А. Савицкая [и др.] // Инновационные материалы и технологии – 2024: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Минск, 31 марта – 04 апреля 2024 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2024. – С. 351-353.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

От официальных оппонентов:

1. Доктор химических наук, профессор **Истомина Наталия Владимировна**, проректор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ангарский государственный технический университет»

Вопросы и замечания по работе

1. Можно ли отследить какую-либо связь между свойствами используемых комплексов палладия (устойчивость, растворимость, реакционная способность лигандов и т.п.) и качеством активации (стр. 79)?
2. В таблице 3.4 (стр. 72) количество вводимых добавок C1 и C2 указано в столбце концентрация (г/л), как они были введены?
3. В этой же таблице, а также в тексте и других таблицах приводится соотношение олово:палладий. Хотя атомные массы этих элементов довольно близки, тем не менее, необходимо указать, какое это соотношение массовое или молярное. Только в заключении в диссертации выясняется, что это молярное соотношение.
4. Для восстановления палладия из комплекса использован боргидрид натрия, чем определяется выбор этого восстановителя? Можно рассмотреть другие, например, гидразингидрат.
5. Помимо коллоидного раствора активатора подробно исследован и комплексный активатор, для которого подобраны два различных лиганда. Однако в заключении эта часть исследований даже не упоминается.
6. Знак равенства в схемах химических реакций ставится в том случае, когда расставлены коэффициенты, поэтому в схемах на стр. 34 и 35 необходимо поставить стрелку ($\rightarrow$).
7. В научной литературе часто критикуется использование словосочетания «реакция взаимодействия», которое автор употребляет на стр.27, 28. Это же касается сочетания «органический монотерпеновый альдегид», разве альдегид бывает неорганическим?
8. В диссертации не приведена методика определения стабильности концентратов коллоидного палладиевого активатора, в то время как указывается на снижение его стабильности при отношении концентраций $\text{Sn}^{2+}:\text{Pd}^{2+}$ ниже 50:1 и снижении концентрации HCl ниже 20%.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Приведенные вопросы и замечания ни в коем случае не снижают очень хорошего впечатления от работы и тем более ценность полученных результатов.

Подводя итог, можно уверенно сказать, что Савицкой С.А. представлена научно-квалификационная работа, в которой на основании выполненных автором исследований представлены научно обоснованные технологические разработки, имеющие важное значение для импортозамещения и развития обороноспособности страны. Материал диссертации отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД.

Автор диссертации Савицкая Сирануш Артуровна достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

2. Кандидат химических наук **Дровосеков Андрей Борисович**, старший научный сотрудник лаборатории строения поверхностных слоев, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук».

Вопросы и замечания по работе

1. В п. 1 теоретической и практической значимости указано, что установлено влияние ГДД мицелл активатора на стабильность раствора в процессе его эксплуатации и хранения. Но в тексте диссертации нет данных о длительности эксплуатации или хранения активатора. Есть только результаты ускоренных испытаний рабочего раствора, из которых нельзя сделать вывод о длительности хранения концентрата активатора.

2. В п. 6 теоретической и практической значимости указано, что диссертантом разработаны импортозамещающие технологии подготовки поверхности перед химическим меднением сквозных отверстий ПП. Означает ли это, что для меднения глухих отверстий разработанные технологии непригодны?

3. Не указано, чем состав разработанного раствора микро травления отличается от известных составов зарубежных аналогов.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Указанные замечания не портят общее положительное впечатление от диссертационной работы и не умаляют её научной и практической ценности.

Диссертация выполнена соискателем самостоятельно и с достаточной полнотой отражает проведённые исследования. Достоверность результатов обоснована и верифицирована.

В целом, диссертация на тему «Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основе выполненных исследований разработаны импортозамещающие процессы очистки-кондиционирования, микро травления, палладиевой активации (коллоидный и два комплексных активатора) поверхности диэлектрика перед химическим меднением сквозных отверстий печатных плат, а также композиции для их реализации, не уступающие зарубежным аналогам по технологичности и достигаемым результатам.

Сделанные замечания являются дискуссионными, не затрагивают сути работы и основных выводов диссертации. Научные выводы диссертационной работы, как и выносимые на защиту положения, достаточно обоснованы. Работа хорошо изложена, сбалансирована в своих основных частях и, в целом, хорошо оформлена.

Результаты диссертационного исследования представлены в 10 научных работах, в том числе 4 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus и Chemical Abstracts, 6 тезисах докладов – в материалах всероссийских и международных конференций. Работа прошла хорошую апробацию, ее результаты сообщались на международных и всероссийских конференциях. Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание.

Результаты работы могут быть использованы на предприятиях и в организациях, таких как: АО «НИЦЭВТ», АО «РКС», ООО «Резонит», АО «НПК «Элара» имени Г.А. Ильяшенко», АО НПП Радиосвязь и др.

По актуальности, новизне, достоверности результатов, обоснованности выводов и практической значимости диссертационная работа Савицкой С.А. отвечает требованиям

Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД.

Содержание работы соответствует паспортам научной специальности 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Считаю, что Савицкая Сирануш Артуровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Отзыв ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».

Вопросы и замечания по работе

1. В цели работы говорится о разработке технологий, *позволяющих получить прочно сцепленные с основой покрытия*, а методик, позволяющих оценить прочность сцепления с основой и результатов такой оценки нет.
2. Ни в научной новизне, ни в теоретической и практической значимости не отражены результаты проведенных исследований по комплексным активаторам (задача 2) и зависимости потенциала диэлектрика (задача 3).
3. Не указано, чем состав разработанного раствора микротравления отличается от известных составов зарубежных аналогов.
4. Три из пяти заявленных задач работы (2, 3 и 5) не нашли отражения в выводах по работе.
5. Вывод 9 требует конкретизации, 10 и 11 говорят лишь о возможности использования полученных результатов и скорее относятся к практической значимости работы.
6. Замечания по оформлению: в обозначениях подразделов должно быть максимум 4 цифры (например, 1.4.2.4.1 быть не должно, можно сделать такой подзаголовок без цифр); сокращения т.н., т.е., т.о в диссертационной работе и автореферате не приветствуются; стр. 65 диссертации подпись к рисунку перескочила на следующую страницу.

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимости оппонируемой диссертационной работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Диссертация Савицкой Сирануш Артуровны на соискание ученой степени кандидата технических наук представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Все положения и выводы диссертации опубликованы в изданиях, включенных в международные базы цитирования Scopus и WoS, а также в журнале, рекомендованном ВАК РФ и доложены на международных и всероссийских конференциях.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Представленная к защите диссертационная работа Савицкой С.А. «Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» по критериям актуальности, научной новизны и практической значимости отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД., предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по

специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Диссертационная работа Савицкой Сирануш Артуровны рассмотрена и обсуждена на заседании научно-технического совета НТС-2 ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», протокол №2 от 16.05.2025.

Отзывы на автореферат:

1. Отзыв кандидата технических наук **Гиринова Олега Сергеевича**, начальника цеха гальванических и порошковых покрытий АО «НИЦЭВТ». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания:

- не указано, какой зарубежный аналог выбран для сравнения с растворами комплексной палладиевой активации;

- не указано к какому классу относится органическая кислота, выступающая в качестве лиганда L2?

- на стр.10 автореферата указано, что порционное приливание раствора SnCl_2 позволяет добиться сужения интервала дисперсности коллоидных частиц, однако из рисунка 2 видно, что интервал дисперсности формирующихся мицелл расширяется.

Сделанные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

В целом автором проведена большая исследовательская работа по разработке композиций для подготовки поверхности печатных плат к металлизации. На основании изложенного считаю, что работа Савицкой Сирануш Артуровны на тему ««Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД., а ее автор, Савицкая Сирануш Артуровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

2. Отзыв кандидата технических наук **Егорова Алексея Геннадьевича**, генерального директора ООО «ПЕТРОКОММЕРЦ». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

отсутствуют.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Савицкой Сирануш Артуровны на тему ««Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД., а ее автор, Савицкая Сирануш Артуровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

3. Отзыв кандидата химических наук **Павловой Нины Владимировны**, старшего научного сотрудника ФГУП «ВНИИА» им.Н.Л. Духова. Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

В качестве замечаний следует отметить, что:

- диссертантом в автореферате в табл. 1 не указано, в каких размерных единицах (молярных или массовых долях) приведены соотношения олова к палладию;

- желательно конкретизировать класс органических соединений, рекомендованных в качестве лигандов в комплексном палладиевом активаторе, в частности, указать особенности строения и наличие дополнительных функциональных групп в органической кислоте, обозначенной, как Л2;

- при описании растворов коллоидного активатора значительное внимание уделяется качественному описанию интервала дисперсности мицелл активатора, однако из текста автореферата не вполне понятно, какое влияние оказывает данный параметр на скорость наращивания диэлектрика химической медью.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Сделанные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

В целом автором проведена большая исследовательская работа по изучению процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат. На основании изложенного считаю, что диссертация Савицкой Сирануш Артуровны на тему «Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденном приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, предъявляемым к диссертационным работам на соискание степени кандидата наук, а ее автор, Савицкая Сирануш Артуровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

4. Отзыв Шугаева Шамиля Наилевича, директора по развитию АО «Завод полупроводниковых приборов». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

В качестве замечаний следует отметить, что:

1. В п. 3 научной новизны утверждается, что поверхность отверстий в FR-4 перезаряжается в процессе кондиционирования с -17 до + 44 мВ. Вряд ли поверхность эпоксидной смолы в отверстиях до кондиционирования может иметь заряд -17 мВ.

Возможно, речь идет о поверхности стекловолокна в отверстиях ПП?

2. Не обоснован выбор восстановителя и его концентрации в растворе восстановителя

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

В целом автором проведена большая исследовательская работа по разработке композиций для подготовки поверхности печатных плат к металлизации. На основании изложенного считаю, что работа Савицкой Сирануш Артуровны на тему «Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД., а ее автор, Савицкая Сирануш Артуровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9 Технология электро-химических процессов и защита от коррозии.

5. Отзыв Серегина Вадима Олеговича, генерального директора АО «Завод «Компонент». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

1. Из текста автореферата непонятно, что представляет из себя композиция для кондиционирования поверхности отверстий печатных плат (ПП): истинные или коллоидные растворы полимеров К1 и К2. Если это коллоидные растворы, то содержат ли они эмульгаторы (антикоагулянты) и какова их стабильность (срок хранения)?

2. В п.3 теоретической и практической значимости указано, что подобранный антикоагулянт позволяет в 2,5 раза повысить стабильность активатора в сравнении с используемым в настоящее время 4-гидрокси-3-метоксибензальдегидом, который вряд ли может претендовать на определение «используемый в настоящее время». Это только один из множества антикоагулянтов, используемый одним из зарубежных изготовителей коллоидного палладиевого активатора. Возможно, правильнее было бы указать на увеличение стабильности в сравнении со стабильностью конкретной импортной композиции?

3. В разделе «Разработка процесса очистки-кондиционирования» идет речь про очистку отверстий для материалов FR-4 и полиимид. Подходит ли данная композиция для таких материалов как Rogers, ФАФ-4Д, Норил 731S и т.д.?

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

В целом, диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, которое вносит существенный вклад в развитие технологии производства печатных плат. Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию в электронной промышленности.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Савицкой Сирануш Артуровны на тему «Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденном приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Савицкая Сирануш Артуровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 Материаловедение и 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

На все замечания Савицкой Сирануш Артуровной даны полные и исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью, достижениями в научных исследованиях с близкой тематикой, наличием у оппонентов и ведущей организации публикаций в рецензируемых журналах и их высоким профессиональным уровнем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны импортозамещающие технологические процессы очистки-кондиционирования, микротравления, палладиевой активации (коллоидный и два комплексных активатора) поверхности диэлектрика перед химическим меднением сквозных отверстий печатных плат (ПП), а также композиции для их реализации, не уступающие зарубежным аналогам по технологичности и достигаемым результатам; технология изготовления концентрата коллоидного активатора путем поэтапного смешивания промежуточных композиций с ультразвуковой обработкой между этапами, позволяющая формировать коллоидную систему с оптимальным гидродинамическим диаметром (ГДД) мицелл и узким интервалом их

дисперсности, превосходящую по эксплуатационным характеристикам зарубежные аналоги; **предложены** способ регулирования размеров мицелл коллоидного активатора; поверхностно-активные вещества – азотсодержащие соединения, применение которых в растворе очистки-кондиционирования обеспечивает перезарядку поверхности диэлектрика перед металлизацией и методика определения времени полного зарастивания активированной поверхности диэлектрика химическим медным слоем;

доказаны влияние преобладающего ГДД мицелл коллоидного активатора на время полной затяжки активированной поверхности отверстий ПП в процессе химического меднения и стабильность раствора коллоидного активатора; факт перезарядки поверхности диэлектрика перед металлизацией.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

экспериментально **установлены** закономерности влияния параметров процесса приготовления активатора на ГДД его мицелл, а также влияния ГДД мицелл на скорость металлизации активированной поверхности диэлектрика и стабильность раствора активатора в процессе эксплуатации и хранения;

установлено, что с увеличением преобладающего гидродинамического диаметра мицелл коллоидного активатора с 90 нм до 221 нм время полной затяжки активированной поверхности отверстий ПП в процессе химического меднения возрастает с 15 с до 80 с; обнаружено, что зависимость стабильности раствора коллоидного активатора от размера его мицелл имеет экстремальный характер, а максимальная стабильность раствора соответствует преимущественному ГДД, равному 105 ± 5 нм; установлено, что ГДД коллоидного активатора зависит от *скорости и порядка смешивания* растворов компонентов активатора; показано, что с увеличением температуры смешиваемых компонентов концентрата коллоидного активатора до 60 °С диаметр формирующихся мицелл активатора снижается, а дальнейший рост температуры на размере мицелл не сказывается; определено, что в процессе очистки-кондиционирования происходит изменение заряда поверхности отверстий печатной платы на основе эпоксидной смолы и стекловолокна (FR-4) с –17 до +44 мВ, полиимида (DuPont 8525AP) с –30 до +35 мВ;

изложены результаты оценки качества металлизации активированной поверхности диэлектрика при применении активатора с оптимальным ГДД мицелл и узким интервалом их дисперсности;

раскрыты закономерности влияния способа и условий приготовления коллоидного активатора на скорость затяжки поверхности диэлектрика химическим медным покрытием;

изучено влияние поверхностно-активных веществ – азотсодержащих соединений в растворе очистки-кондиционирования на перезарядку поверхности диэлектрика перед металлизацией;

автором **использован** комплекс физико-химических методов исследования: метод динамического рассеяния света (DLS), рентгенофлуоресцентный анализ, сканирующая электронная микроскопия, спектрофотометрия, конфокальная лазерная микроскопия и др.

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

разработаны и внедрены технология изготовления концентрата коллоидного активатора, импортозамещающие процессы очистки-кондиционирования, микротравления, палладиевой

активации (коллоидный и два комплексных активатора) поверхности диэлектрика перед химическим меднением сквозных отверстий печатных плат, а также композиции для их реализации, не уступающие зарубежным аналогам по технологичности и достигаемым результатам, технологические инструкции на применение разработанных композиций и технические условия на разработанные композиции, в которых отражены разработанные рекомендации по составлению рабочих растворов, ведению процесса, аналитическому контролю компонентов растворов в процессе эксплуатации, по очистке сточных вод и правила техники безопасности при работе с композициями; разработанные технологии успешно протестированы в цехе печатных плат АО «НИЦЭВТ», получен акт испытаний и рекомендации к внедрению в производство с целью замещения зарубежных продуктов; полученные результаты могут быть использованы для организации отечественного производства композиций для подготовки поверхности ПП перед химическим меднением, а также для развития и совершенствования теории и практики обработки поверхности в производстве печатных плат; **определены** перспективы темы исследования, связанные с использованием полученных результатов для продолжения работы по дальнейшему совершенствованию технологии палладиевой активации диэлектриков различных типов.

Полученные результаты могут быть использованы в производстве ПП в различных отраслях промышленной электроники, а также для развития и совершенствования теории и практики электроосаждения металлов и сплавов.

Оценка достоверности результатов исследования:

для экспериментальных работ достоверность результатов обусловлена применением современного сертифицированного оборудования с использованием корректно выбранных методик экспериментов и подтверждается воспроизводимостью экспериментальных результатов;

теория построена на известных, проверяемых данных и фактах и не противоречит опубликованным экспериментальным данным по теме диссертации;

идеи базируются на анализе полученных (проверяемых и воспроизводимых) экспериментальных результатов, учитывают имеющиеся в литературе сведения по исследуемой тематике и не противоречат известным закономерностям в области формирования конверсионных покрытий;

использованы экспериментальные данные и теоретические выкладки, опубликованные в работах отечественных и зарубежных авторов

установлено отсутствие противоречия результатов литературным данным;

использованы общепринятые методики статистической обработки экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя:

- 95% объема экспериментальных данных получено лично соискателем;
- соискатель принимал участие в планировании экспериментов;
- соискатель лично провел анализ полученных результатов исследования и принял активное участие в подготовке публикаций по теме диссертационной работы;

– соискатель предложил методику определения времени полного заращивания активированной поверхности диэлектрика химическим медным слоем.

Диссертационная работа Савицкой С.А. на тему «Разработка технологических процессов подготовки поверхности к химическому меднению в производстве печатных плат» полностью соответствует пунктам «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. №103ОД. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача по разработке импортозамещающих технологий очистки-кондиционирования, микротравления, палладиевой активации, позволяющих получать компактные, прочно сцепленные с основой, неосыпающиеся химические медные покрытия в отверстиях МПП, не уступающих зарубежным аналогам по скорости затяжки поверхности диэлектрика медным слоем, а также по стабильности и ресурсу растворов.

На заседании диссертационного совета РХТУ.2.6.07 РХТУ им. Д.И. Менделеева 16 июня 2025 года принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Савицкой Сирануш Артуровне.

Присутствовало на заседании – 13 членов диссертационного совета, в том числе в режиме видеоконференции – 3, в том числе докторов наук по научным специальностям рассматриваемой диссертации: 2.6.17. Материаловедение – 7, 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии – 5.

При присуждении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

Результаты тайного голосования:

«за»	–	<u>10</u>
«против»	–	<u>0</u>
«воздержались»	–	<u>0</u>

Проголосовали 3 членов диссертационного совета, присутствовавшие на заседании в режиме видеоконференции:

«за»	–	<u>3</u>
«против»	–	<u>0</u>
«воздержались»	–	<u>0</u>

Итоги голосования:

«за»	–	<u>13</u>
«против»	–	<u>0</u>
«воздержались»	–	<u>0</u>

Председатель диссертационного совета

д.т.н., профессор Ваграмян Т.А.

Ученый секретарь диссертационного совета

к.т.н. Чуднова Т.А.

Дата «16» июня 2025 г.

