

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра проблем
химической физики и медицинской химии
Российской академии наук
Х.н. Казакова А.В.



(подпись, М.П.)

14 сентября 2026г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии
Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН)
(142432, Московская обл., г.о. Черноголовка, г. Черноголовка, проспект академика
Семенова, д. 1, адрес сайта: <https://www.icp-ras.ru/>)

Диссертация «Влияние модификаторов на стабильность комплексных галогенидов свинца и солнечных батарей на их основе» на соискание ученой степени кандидата химических наук выполнена в лаборатории Перспективных электродных материалов для химических источников тока Комплекса лабораторий функциональных органических и гибридных материалов отдела Кинетики и катализа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Озерова Виктория Викторовна работала в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук, в отделе Кинетики и катализа, лаборатории Перспективных электродных материалов для химических источников тока в должности инженера-исследователя (2022-2023), затем с 2023 года по настоящее время занимает должность младшего научного сотрудника.

Соискатель в 2022 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева" по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия. В период обучения на старших курсах специалитета с 2020 по 2022 гг. Озерова В.В. работала в должности лаборанта в комплексе лабораторий Органических и гибридных функциональных материалов Отдела кинетики и катализа ФИЦ ПХФ и МХ РАН. По результатам работы в лаборатории соискатель защитила выпускную квалификационную работу (научный консультант к.х.н. Трошин Павел Анатольевич).

В 2022-2026 гг. соискатель прошла обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН) по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, специальность 1.4.4. Физическая химия.

Справка об обучении с результатами сдачи кандидатских экзаменов выдана в 2026 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Федеральным исследовательским центром проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН).

Научный руководитель Трошин Павел Анатольевич, кандидат химических наук (1.4.4. Физическая химия), работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук, в отделе Кинетики и катализа в должности заведующего отделом Кинетики и катализа и заведующего Комплексом лабораторий функциональных органических и гибридных материалов отдела Кинетики и катализа.

По итогам обсуждения диссертации «Влияние модификаторов на стабильность комплексных галогенидов свинца и солнечных батарей на их основе» на заседании секции № 2 Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН принято следующее заключение:

Работа Озеровой Виктории Викторовны посвящена установлению закономерностей влияния различных типов молекулярных модификаторов на свойства комплексных галогенидов свинца и имеет важное значение для повышения фотостабильности и радиационной стойкости перовскитных солнечных элементов.

Актуальность темы

Перовскитные солнечные элементы (ПСЭ) на основе комплексных галогенидов свинца являются одной из наиболее перспективных фотовольтаических технологий благодаря высокой эффективности (>27%), низкой стоимости материалов и простоте

изготовления. Однако широкое внедрение ПСЭ сдерживается их низкой стабильностью, поскольку фотоактивный перовскитный слой чувствителен к воздействию тепла, света, ионизирующего излучения, влаги и кислорода воздуха. Среди различных подходов к решению этой проблемы особенно перспективным является использование молекулярных модификаторов, способных повышать стабильность ПСЭ в отношении разных повреждающих факторов (свет, нагрев, влага, кислород, др.). Поэтому разработка модифицированных перовскитных полупроводников с повышенной фотостабильностью и радиационной стойкостью представляет собой актуальную задачу, особенно в контексте использования ПСЭ в космических аппаратах, где повышенный радиационный фон является дополнительным повреждающим фактором.

Целью диссертационной работы Озеровой Виктории Викторовны является установление закономерностей влияния различных типов молекулярных модификаторов на свойства комплексных галогенидов свинца, а также их использование для повышения фотостабильности и радиационной стойкости ПСЭ. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Проведение систематического исследования влияния набора из 35 структурно различных молекулярных модификаторов (A^1-A^{35}) на фотохимическую стабильность пленок комплексных иодоплюмбатов различного состава: $MAPbI_3$, $FAPbI_3$, $(Cs_{0,12}FA_{0,88})PbI_3$ и $(Cs_{0,10}MA_{0,15}FA_{0,75})PbI_3$ при длительном облучении светом в инертной атмосфере.
2. Выявление ключевых структурных факторов, определяющих способность исследованных модификаторов как стабилизировать, так и ухудшать стабильность комплексных иодоплюмбатов различного состава.
3. Исследование влияния наиболее перспективных модификаторов на фотоэлектрические характеристики и фотостабильность перовскитных солнечных элементов.
4. Систематическое изучение радиационной стойкости немодифицированных пленок комплексных галогенидов свинца различного катионного состава: $MAPbI_3$, $FAPbI_3$, $(Cs_{0,12}FA_{0,88})PbI_3$ и $(Cs_{0,10}MA_{0,15}FA_{0,75})PbI_3$ — при воздействии γ -лучей в широком диапазоне доз, включая сверхвысокие значения до 10 МГр.
5. Исследование влияния молекулярной модификации на стойкость комплексных галогенидов свинца к γ -лучам и потокам высокоэнергетических частиц: электронов, протонов и нейтронов.

Новизна и практическая значимость результатов работы

Впервые проведено систематическое исследование влияния различных органических молекул (модификаторов) на фотостабильность пленок комплексных иодоплюмбатов различного катионного состава. Установлены структурные факторы, определяющие стабилизирующую способность модификаторов. Показано, что эффективность модификатора может зависеть от катионного состава перовскитного полупроводника. Выявлены модификаторы, например, гидроиодиды изомерных 2- и 3-пиколиламинов, обладающие практически универсальной стабилизирующей способностью для всех исследованных комплексных галогенидов свинца.

Разработан модификатор на основе пиколилзамещенного пиперазина (**3-PMPCl**), подавляющий фазовый переход $\alpha \rightarrow \delta$ в FAPbI_3 . Кроме того, предложена стратегия двойной межслоевой модификации гидрохлоридом тирамина (**TACl**) для одновременной пассивации верхней и нижней границ перовскитного слоя, приводящая к повышению эффективности и стабильности ПСЭ.

Впервые исследована радиационная стойкость пленок перовскитных полупроводников различного состава в условиях воздействия γ -лучей (до 20 МГр). Выявлен новый механизм радиационно-индуцированной катионной фазовой сегрегации в смешаннокатионных перовскитах, а также показана уникальная радиационная стойкость FAPbI_3 .

Впервые детально исследовано влияние модификации на радиационную стойкость пленок перовскитного полупроводника в условиях воздействия γ -лучей и потоков высокоэнергетических частиц: электронов, протонов, нейтронов.

Проведенное систематическое исследование позволило установить фундаментальные закономерности, связывающие особенности строения органических модификаторов с их влиянием на фотостабильность комплексных галогенидов свинца. Установлено также, что введение модификатора может подавлять деградацию перовскитного полупроводника под действием γ -лучей и потоков высокоэнергетических частиц. Полученные результаты важны для понимания молекулярных механизмов стабилизации перовскитных материалов как при световом, так и при радиационном воздействии, и формируют основы для направленной разработки новых еще более эффективных стабилизаторов ПСЭ.

Разработанные подходы к молекулярной модификации перовскитных материалов позволили достичь рекордных (на момент публикации) сертифицированных значений эффективности ПСЭ. Показаны значительные перспективы использования модифицированных перовскитных материалов в космосе ввиду их высокой радиационной

стойкости. В частности, модифицированные пленки выдерживали высокие дозы γ -лучей до 20 МГр и высокие флюенсы высокоэнергетических протонов (10^{16} p/cm²), нейтронов (10^{13} n/cm²) и электронов (3×10^{16} e/cm²), значительно превышающие реальные орбитальные нагрузки. Разработанные подходы к модификации перовскитных полупроводников открывают возможности для создания высокоэффективных ПСЭ с длительным сроком эксплуатации как в наземных условиях, так и в космосе.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность результатов, полученных в работе, обеспечивается использованием комплекса современных взаимодополняющих физико-химических методов исследования, высокой воспроизводимостью экспериментальных данных, а также согласованностью результатов, полученных различными методами исследования.

Результаты работы подвергались многократной независимой положительной экспертизе и опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях, индексируемых в Scopus, Web of Science, RSCI, относящихся к журналам K1 в классификации ВАК Минобрнауки РФ; основные результаты диссертации были лично представлены соискателем в виде устных и стендовых докладов на российских и международных конференциях:

1. 6th International Fall School on Organic Electronics, онлайн-конференция, 14-17 сентября 2020;
2. The 2nd International School on Hybrid, Organic and Perovskite Photovoltaics (HOPE-PV), онлайн-конференция, 3-6 ноября 2020;
3. XXVIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов 2021", онлайн-конференция, 12-23 апреля 2021;
4. The 2021 Spring Meeting of the European Materials Research Society (E-MRS), онлайн-конференция, 31 мая – 3 июня 2021;
5. 6th International Conference on Advanced Electromaterials (ICAE 2021), онлайн-конференция, 9-12 ноября 2021 г.;
6. The 3rd International School on Hybrid, Organic and Perovskite Photovoltaics (HOPE-PV), онлайн-конференция, 22-25 ноября 2021;
7. The 2022 Spring Meeting of the European Materials Research Society (E-MRS), онлайн-конференция, 30 мая – 3 июня 2022;
8. IV Moscow Autumn Perovskite Photovoltaics International Conference (MAPPIC-2022). Москва, Россия, 19-21 сентября 2022;
9. The 4th International School on Hybrid, Organic and Perovskite Photovoltaics (HOPE-PV), Москва-Черноголовка, Россия, 10-14 июля 2023;

10. Третий китайско-российский форум по науке и технологии в г. Харбин, Китай, 22-26 октября 2023 г;
11. 7th International Conference on Advanced Electromaterials (ICAE 2023), 31 октября – 3 ноября 2023 г., Чеджу, Южная Корея;
12. The 2024 Spring Meeting of the European Materials Research Society (E-MRS), 27-31 мая 2024, г. Страсбург, Франция;
13. PVSPACE-24, 15-18 октября 2024, г. Стамбул, Турция
14. The 16th International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV24), 13-15 мая 2024, г. Валенсия, Испания;
15. The 6th International School on Hybrid, Organic and Perovskite Photovoltaics (HOPE-PV 2025), Черногоровка, 9 июля 2025;
16. The 6th International School on Hybrid, Organic and Perovskite Photovoltaics (HOPE-PV 2025), 17-21 ноября 2025, г. Чжэнчжоу, Китай;
17. 8th International Conference on Advanced Electromaterials (ICAE 2025), 25-28 ноября 2025, г. Чеджу, Корея;

Плановый характер работы

Исследования по теме диссертации выполнены в рамках государственного задания ФИЦ ПХФ и МХ РАН 0089-2019-0010 «Материалы для солнечной энергетики и систем запасаения энергии» и при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Разработка перспективных систем генерации энергии для применения в космосе» (Соглашение № 075-15-2024-532).

Полнота опубликования результатов и ценность научных работ соискателя ученой степени

Всего по материалам диссертации соискателем совместно с соавторами опубликовано 7 статей в журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ для защиты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 1 препринт и 7 тезисов докладов на международных конференциях, результаты работы защищены 2 патентами РФ.

Статьи по результатам работы:

1. Spectacular enhancement of the thermal and photochemical stability of MAPbI₃ perovskite films using functionalized tetraazaadamantane as a molecular modifier / V. V. Ozerova, I. S. Zhidkov, A. Boldyreva, N. N. Dremova, N. A. Emelianov, G. V. Shilov, L. A. Frolova, E. Z. Kurmaev, A. Yu. Sukhorukov, S. M. Aldoshin, P. A. Troshin. // Energies. – 2021. – Vol. 14. – № 3. – P. 669.

2. Enhanced photostability of multication lead halide perovskites through the use of azaadamantane-based modifiers / **V. V. Ozerova**, N. A. Emelianov, L. G. Gutsev, D. V. Korchagin, G. V. Shilov, N. N. Dremova, B. R. Ramachandran, A. Yu. Sukhorukov, S. M. Aldoshin, L. A. Frolova, P. A. Troshin // *Materials Today Chemistry*. – 2023. – Vol. 30. – P. 101590
3. Exploring the Limits: Degradation Behavior of Lead Halide Perovskite Films under Exposure to Ultrahigh Doses of γ Rays of Up to 10 MGy / **V. V. Ozerova**, N. A. Emelianov, D. P. Kiryukhin, P. P. Kushch, G. V. Shilov, G. A. Kichigina, S. M. Aldoshin, L. A. Frolova, P. A. Troshin // *The Journal of Physical Chemistry Letters*. – 2023. – Vol. 14. – № 3. – P. 743-749.
4. Enhancing Photostability of Complex Lead Halides through Modification with Antibacterial Drug Octenidine / **V. V. Ozerova**, I. S. Zhidkov, N. A. Emelianov, D. V. Korchagin, G. V. Shilov, F. A. Prudnov, I. V. Sedov, E. Z. Kurmaev, L. A. Frolova, P. A. Troshin // *Materials*. – 2024. – Vol. 17. – P. 129.
5. Revealing Interaction of Fluorinated Propylamine Hydrochloride with Precursor and Defect States of Perovskite Films Toward Efficient Flexible Solar Cells / S. Cao, Z. Bi, T. Zheng, S. Luo, L. G. Gutsev, B. R. Ramachandran, **V. V. Ozerova**, N. A. Emelianov, N. A. Slesarenko, Y. Zheng, B. Z. Taye, G. L. Gutsev, S. M. Aldoshin, P. A. Troshin, X. Xu. // *Advanced Functional Materials*. – 2024. – Vol. 34. – № 42. – P. 2405078.
6. Interface contact optimization and defect passivation via tyramine hydrochloride for efficient and stable inverted perovskite solar cells / S. Luo, S. Cao, Z. Bi, Y. Zheng, H. A. Tauqeer, Y. Zhuo, **V. V. Ozerova**, N. A. Emelianov, N. A. Slesarenko, L. A. Frolova, L. G. Gutsev, B. R. Ramachandran, G. L. Gutsev, P. A. Troshin. // *Nano Energy*. – 2025. – Vol. 139. – P. 110944.
7. An entropy-regulating molecular lock stabilizes formamidinium lead halide perovskite / T. Miao, S. Liu, X. Lei, Y. Zhang, W. Li, Q. Zhou, J. Wang, N. A. Emelianov, **V. V. Ozerova**, V. S. Bolshakova, W. Wang, Z. Zhou, Z. Zhu, L. Lu, Z. Chen, J. Ma, E. Xu, L. Wang, Y. Li, Z. Tan, S. Zheng, G. Liu, L. Guo, J. Li, Y. Shen, P. A. Troshin, S. M. Aldoshin, Z. Liu, N.-G. Park, W. Chen. // *Science*. – 2026. – Vol. 392. – № 6799. – P. 742-748.

Препринты:

1. Enhancing Radiation Resilience of Lead Halide Perovskites via Multifunctional Pyridinylpiperazine Modification / **V. V. Ozerova**, N. A. Emelianov, T. N. Khokhlova, N. A. Slesarenko, A. F. Shestakov, G. V. Shilov, N. N. Dremova, M. V. Zhidkov, M. Elnaggar, M. N. Sarychev, S. S. Zyryanov, D. P. Kiryukhin, W. Zhou, I. S. Zhidkov, S. M. Aldoshin, P. A. Troshin. – *Communications Engineering*. – 2026. – DOI: 10.21203/rs.3.rs-9442246/v1.

Тезисы:

1. **Ozerova, V. V.** The Role of the Passivation Additives in Enhancing the Intrinsic Photochemical Stability of Lead Halide Perovskites / **V. V. Ozerova**, L. A. Frolova, S. M. Aldoshin, P. A. Troshin. – Текст : электронный // The 2nd International School on Hybrid, Organic and Perovskite Photovoltaics (HOPE-PV) : book of abstracts. – Moscow, 2020. – С. 37. – URL: https://www.icp.ac.ru/media-store/STRUCTURE/KiK/FILES/Lab-Troshin/Conference/HOPE-PV-2020/Book_of_Abstracts_HOPE-PV-2020-2.pdf (дата обращения: 03.09.2026).
2. **Ozerova, V. V.** Improving the intrinsic photochemical and thermal stability of MAPbI₃ perovskite films using functionalized tetraazaadamantane as a molecular modifier / **V. V. Ozerova**, I. Zhidkov, A. Boldyreva, N. N. Dremova, N. A. Emelianov, G. V. Shilov, L. A. Frolova, E. Z. Kurmaev, A. Yu. Sukhorukov, S. M. Aldoshin, P. A. Troshin. – Текст : электронный // The 2021 Spring Meeting of the European Materials Research Society (E-MRS) : [сайт]. – Online, 2021. – URL: <https://www.european-mrs.com/exotic-materials-and-innovative-concepts-photovoltaics-emrs> (дата обращения: 03.09.2026).
3. **Озерова, В. В.** Использование функционализированного изоуротропина в качестве перспективного молекулярного модификатора пленок MAPbI₃ / **В. В. Озерова**. – Текст : электронный // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» / ответственные редакторы И. А. Алешковский, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов, Е. И. Зимакова. – Москва : МАКС Пресс, 2021. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). – ISBN 978-5-317-06593-5.
4. **Ozerova, V. V.** Using azaadamantane derivatives for improving thermal and photochemical stability of multication lead halide perovskites / **V. V. Ozerova**, N. A. Emelianov, A. Yu. Sukhorukov, L. A. Frolova, P. A. Troshin. – Текст : электронный // Сборник тезисов докладов IV Московской осенней международной конференции по перовскитной фотовольтаике (МАРПИК-2022). – Москва : КДУ, 2022. – С. 38. – ISBN 978-5-7913-1264-8.
5. **Ozerova, V. V.** Azaadamantane derivatives enable improved thermal and photochemical stability of multication lead halide perovskites / **V. V. Ozerova**, N. A. Emelianov, A. Yu. Sukhorukov, L. A. Frolova, P. A. Troshin. – Текст : электронный // The 2022 Spring Meeting of the European Materials Research Society (E-MRS) : [сайт]. – Online, 2022. – URL: <https://www.european-mrs.com/materials-sustainable-energy-technologies-m-set-emrs> (дата обращения: 03.09.2026).
6. **Ozerova, V.** Rational design of molecular modifiers for enhancing the intrinsic photochemical stability of complex lead halide perovskites / **V. Ozerova**, N. Emelianov, L.

Frolova, P. Troshin. — Текст : электронный // The 16th International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV24) .: [сайт]. — Valencia, Spain, 2024. — URL: <https://www.nanoge.org/HOPV24/program/program> (дата обращения: 03.09.2026).

7. **Ozerova, V. V.** Boosting Perovskite Stability: Azaadamantane Derivatives as Advanced Multifunctional Additives / **V. V. Ozerova**, N. A. Emelianov, L. G. Gutsev, D. V. Korchagin, G. V. Shilov, N. N. Dremova, B. R. Ramachandran, A. Yu. Sukhorukov, S. M. Aldoshin, L. A. Frolova, P. A. Troshin. — Текст : электронный // The 6th International School on Hybrid, Organic and Perovskite Photovoltaics (HOPE-PV 2025) : book of abstracts. — Chernogolovka, 2025. — С. 24. — URL: https://icp-ras.ru/wp-content/uploads/event/HOPE-PV-2025/Book_Abstracts_HOPE_PV_2025.pdf (дата обращения: 03.09.2026).

Патенты (свидетельства):

1. Патент РФ № 2812168 Российская Федерация, Фотовольтаическое устройство на основе полупроводниковых пленок комплексных галогенидов свинца, стабилизированных производными пиридина : № 2022131717 : заявл. 06.12.2022 : опубл. 24.01.2024 / **В. В. Озерова**, Л. А. Фролова, П. А. Трошин, С. М. Алдошин ; заявитель и патентообладатель ФИЦ ПХФ и МХ РАН.

2. Патент РФ № 2798007 Российская Федерация, Органические галогениды и комплексные галогениды металлов, способы их получения, фотовольтаическое устройство с фотоактивным слоем на основе комплексных галогенидов металлов и способ изготовления этого устройства : № 2021109390 : заявл. 06.04.2021 : опубл. 13.06.2023 / Л. А. Фролова, О. А. Краевая, **В. В. Озерова**, М. Элнаггар, П. А. Трошин, С. М. Алдошин ; заявитель и патентообладатель ФИЦ ПХФ и МХ РАН.

Все статьи, выполненные в соавторстве, процитированы в диссертации в соответствии с п. 14 критериев Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.04.2013 г., с учетом всех последующих изменений. Результаты, описанные в диссертации, являются оригинальными, заимствованные материалы без ссылки на источник заимствования отсутствуют.

В опубликованных материалах довольно полно изложены основные результаты работы. Работа [1] содержит результаты, приведенные в разделах 3.1.2 и 3.1.2.1 диссертации. Содержание патента №1 в списке соответствует результатам, приведенным в разделах 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4, 3.1.5. Работа [2] содержит результаты, приведенные в разделах 3.1.4, 3.1.4.2, 3.1.5, 3.1.5.1 и 3.2.1. Работа [4] содержит результаты, приведенные в разделах 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4, 3.1.5 и 3.2.2. Работа [5] и патент №2 в списке соответствуют

результатам, приведенным в разделе 3.1.6. Работа [3] содержит результаты, приведенные в разделе 3.3. Препринт № 1 в списке содержит результаты, приведенные в разделах 3.1.5.2 и 3.4. Работа [6] содержит результаты, приведенные в разделе 3.2.3. Работа [7] содержит результаты, приведенные в разделе 3.2.4.

Ценность научных работ соискателя для физической химии полупроводниковых материалов обусловлена проведением систематического исследования влияния различных модификаторов на фотостабильность пленок комплексных иодоплюмбатов различного катионного состава. По результатам исследований были установлены ключевые структурные факторы, определяющие стабилизирующую способность органических модификаторов. В работах соискателя была детально исследована радиационная стойкость четырех перовскитных составов при сверхвысоких дозах γ -лучей (до 10-20 МГр) и предложена стратегия повышения радиационной стойкости смешаннокатионных перовскитов путем введения рационально подобранного молекулярного модификатора. Кроме того, в рамках работы были разработаны стратегии повышения эффективности и стабильности перовскитных солнечных элементов. Полученные результаты важны для понимания молекулярных механизмов стабилизации перовскитных материалов как при световом, так и при радиационном воздействии, и формируют основы для направленной разработки новых еще более эффективных стабилизаторов ПСЭ.

Личный вклад автора

Постановка задач, интерпретация результатов, и подготовка публикаций выполнены автором совместно с научным руководителем. Соискателем лично выполнен основной объем экспериментальной работы: изготовление перовскитных пленок и их модификация, проведение экспериментов по оценке фотохимической стабильности пленок, обработка и анализ полученных данных, формулировка основных выводов. Автором осуществлены измерения оптических спектров, пробоподготовка для различных методов исследования, изготовление и характеристика ряда солнечных элементов. Соискатель активно участвовал в интерпретации результатов РФА, ЯМР-спектроскопии, МАЛДИ масс-спектрометрии, РФЭС и микроскопии.

Ряд исследований выполнен совместно с сотрудниками ФИЦ ПХФ и МХ РАН. Ценные консультации на отдельных этапах работы даны к.х.н. Л. А. Фроловой. Отдельные модификаторы и их предшественники были предоставлены В. С. Большаковой и к.х.н. И. В. Седовым. Измерение отдельных оптических спектров осуществлялось совместно с Черных Я. Ю., Хохловой Т. Н. Регистрацию рентгенограмм проводили Шапаева В. В., к.ф.-м.н. Шилов Г. В., к.х.н. Корчагин Д. В. Картирование пленок с помощью атомно-силовой микроскопии и IR s-SNOM проводилось к.ф.-м.н. Емельяновым

Н.А. Конфокальная микроскопия выполнена к.т.н. Жидковым М. В. и к.ф.-м.н. Емельяновым Н.А. Данные СЭМ получены к.ф.-м.н. Дремовой Н.Н. Спектры ^1H , ^{133}Cs и двумерной NOESY-спектроскопии ЯМР были зарегистрированы к.х.н. Слесаренко Н. А. Квантово-химические расчеты были проведены д.х.н. Шестаковым А. Ф. и PhD Гуцевым Л. Г. Облучение пленок γ -лучами проводили к.х.н. Кичигина Г. А., к.х.н. Куш П. П. и д.х.н. Кирюхин Д. П. Регистрацию масс-спектров методом МАЛДИ масс-спектрометрии проводила Большакова В. С.

Модификатор A^{28} был предоставлен д.х.н. А. Ю. Сухоруковым (ИОХ РАН). Измерения спектров ФЛ в зависимости от мощности пучка лазера выполнены Болдыревой А. Г. (Сколтех). Регистрацию спектров РФЭС проводили д.ф.-м.н. Жидков И.С. (ФТИ УрФУ) и д.ф.-м.н. Курмаев Э.З. (ФТИ УрФУ, ИФМ им. М.Н. Михеева УрО РАН). Облучение пленок электронами, протонами и нейтронами было организовано к.ф.-м.н. Сарычевым М. Н., к.ф.-м.н. Зыряновым С. С., д.ф.-м.н. Жидковым И.С. (ФТИ УрФУ). Исследования модификаторов на основе пиколилзамещенных пиперазинов проводились в рамках коллаборации с коллективом профессора Wei Chen (HUST, г. Ухань, Китай). Исследование гидрохлорида тирамина в качестве модификатора выполнено совместно с коллективом профессора Xueqing Xu (GIEC, г. Гуанчжоу, Китай).

Публикации по материалам, изложенным в диссертации, выполнены в соавторстве. Результаты исследований, выполненных лично соискателем, отражены в публикациях [1], [2], [4] и препринте №1: соискателем лично было выполнено изготовление образцов пленок комплексных иодоплюмбатов, изготовление и характеристики ряда перовскитных солнечных элементов, исследование фотохимической стабильности полученных пленок комплексных галогенидов свинца, включая периодическое измерение оптических спектров, обработку и интерпретацию результатов РФА, оптической спектроскопии, различных методов микроскопии. Также соискателем лично было выполнено изготовление образцов для исследования взаимодействий отдельных модификаторов с компонентами раствора перовскитного предшественника и дырочно-транспортного материала РТАА методом ЯМР-спектроскопии, а также обработка и интерпретация полученных результатов; результаты данных исследований были отражены в публикациях [5] и [6]. Публикация [7] содержит результаты работ, выполненных лично соискателем: в частности, были изготовлены образцы для исследования взаимодействий модификатора **3-PMPCl** с компонентами раствора перовскитного предшественника, осуществлена обработка и интерпретация полученных спектров, были получены пленки иодоплюмбата формамидиния с модификатором и без него для исследования распределения катионов модификатора на поверхности пленок методом IR s-SNOM. Работы [3] и препринт №1

основаны на результатах, полученных лично соискателем: Озеровой В. В. было выполнено изготовление пленок комплексных галогенидов свинца, запланированы эксперименты по облучению образцов γ -лучами, электронами, протонами и нейтронами, измерение оптических спектров, обработка и интерпретация результатов РФА, оптической спектроскопии, ЯМР-спектроскопии, различных методов микроскопии.

Соответствие диссертации научным специальностям, отрасли науки

Диссертация Озеровой Виктории Викторовны на тему: «Влияние модификаторов на стабильность комплексных галогенидов свинца и солнечных батарей на их основе» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена задача по установлению закономерностей влияния различных типов молекулярных модификаторов на свойства комплексных галогенидов свинца и использованию модификаторов для повышения фотостабильности и радиационной стойкости перовскитных солнечных элементов.

Работа соответствует паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия, химические науки в п. 12. «Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов».

Решение о рекомендации работы к защите

Диссертация Озеровой Виктории Викторовны соответствует всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.04.2013 г. с учетом всех последующих изменений, применительно к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.4.4. Физическая химия (химические науки).

Заключение принято на заседании секции № 2 Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН (протокол № 9 от 08.09.2026 г.). Присутствовало на заседании 14 членов совета из 14. Результаты голосования: «за» – 14, «против» – 0, «воздержались» – 0.

Председатель секции № 2
Ученого совета
ФИЦ ПХФ и МХ РАН
д.х.н., профессор



А. Ф. Шестаков

Секретарь секции № 2
Ученого совета
ФИЦ ПХФ и МХ РАН
к.х.н.



Л. В. Авдеева