

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Петрова Андрея Андреевича  
«Кристаллизация гибридных перовскитов  $APbX_3$  ( $A = CH_3NH_3^+$ ,  $HC(NH_2)_2^+$ ;  $X = I^-, Br^-$ )  
из апротонных растворителей», представленной на соискание  
ученой степени кандидата химических наук по специальности  
02.00.21 – Химия твердого тела

Научное направление по развитию новых функциональных материалов является важным и актуальным. Особый интерес представляет создание фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии в рамках перехода на альтернативную энергетику. Гибридные перовскиты являются многообещающей основой для создания солнечных элементов, материалы на их основе обладают широким рядом уникальных, практически значимых свойств. Однако, процесс получения светопоглощающих пленок гибридных перовскитов с помощью апротонных растворителей осложняется образованием промежуточных продуктов кристаллизации - кристаллосольватов, что неизменно приводит к изменению функциональных свойств материалов на их основе. В связи с этим работа Петрова Андрея Андреевича по изучению процессов кристаллизации гибридных перовскитов из апротонных растворителей и разработке подходов, позволяющих контролировать промежуточные кристаллосольваты, является актуальной и практически значимой.

В результате работы было исследовано образование 14 промежуточных кристаллосольватов при кристаллизации из диметилформаида, диметилсульфоксида и оксолан-2-она, десять из которых являются впервые полученными. Структуры промежуточных фаз – кристаллосольватов были систематизированы и проведен их кристаллохимический анализ. Установлены факторы, позволяющие контролировать фазовый состав, структуру, морфологию и функциональные характеристики целевых материалов на основе гибридных перовскитов. Предложены практические рекомендации по получению материалов на основе гибридных перовскитов с улучшенными функциональными свойствами.

Достоверность полученных результатов обеспечивается тем, что в экспериментальной работе был использован комплекс современных методов исследования таких, как оптическая и растровая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, рентгеноструктурный анализ с использованием синхротронного излучения, фотолюминесцентная спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния. Научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы грамотно сформулированы и аргументированы. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых научных журналах. Работа была апробирована на многочисленных научных конференциях.

При ознакомлении с авторефератом диссертации Петрова А.А. возникли следующие вопросы и замечания:

1. Обозначение гибридных перовскитов и их прекурсоров не всегда понятно. Во введении (стр. 3), цели работы, объектах исследования (стр. 4) и в обзоре литературы (стр. 8) состав гибридных перовскитов приводится по следующей схеме:  $APbX_3$  ( $A = CH_3NH_3^+$ ,  $CH(NH_2)_2^+$ ;  $X = I^-, Br^-$ ), то есть катионы прекурсоров обозначены общей буквой А. В остальной же работе для прекурсоров предложены индивидуальные обозначения МАХ и FАХ, которые, вероятно, означают соли метиламмония ( $CH_3NH_3^+X^-$ ) и формаидиния ( $CH(NH_2)_2^+X^-$ ) соответственно. Возможно стоило привести обозначения к единообразию или ввести дополнительное обозначение каждой исходной соли по отдельности при первом упоминании в автореферате.

2. При обсуждении влияния равновесий в растворе на тип и состав кристаллизующихся фаз (стр. 19-21) даны рекомендации для избегания неоднородностей морфологии пленок для растворителей GBL и DMF. Были ли выявлены факторы, позволяющие получать сплошные однородные пленки гибридных перовскитов из растворителя DMSO? Возможно, это отражено в тексте диссертационной работы.

3. На стр. 23 автореферата приведен список процитированной литературы, однако в тексте даны ссылки только на пункты с 6 по 9. Первые 5 ссылок отсутствуют в тексте автореферата.

4. В работе имеется ряд опечаток и грамматических ошибок. Например, на стр. 20 в последней строке и на стр. 21 в первой строке приведены ссылки на рис. 10 и 11 а, но имеются ввиду рис. 9 и 10 а.

Замечания не носят принципиальный характер и не затрагивают сути работы. Исходя из материалов автореферата, можно заключить, что работа Петрова А.А. является законченным научно-квалификационным исследованием, выполненным на высоком экспериментальном уровне. Диссертационное исследование по актуальности, объему экспериментального материала, новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов полностью удовлетворяет требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к диссертациям на соискание ученых степеней. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 02.00.21 – Химия твердого тела, а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5. Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно Приложениям 5 и 6 Положения о Диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Автор работы, Петров Андрей Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.21 – Химия твердого тела.

Кандидат химических наук по специальности  
02.00.08 – Химия элементоорганических соединений,  
научный сотрудник отдела  
структурных исследований ИОХ РАН

Архипова Дарья Михайловна

Академик РАН, доктор химических наук по специальности  
02.00.03 – Органическая химия,  
руководитель отдела  
структурных исследований ИОХ РАН

Анаников Валентин Павлович

15 ноября 2021 года

Адрес: 119991, Москва, Ленинский проспект, 47; Телефон: 8-499-137-29-44;  
E-mail: arkhipova\_daria@ioc.ac.ru (Архипова Д.М.), val@ioc.ac.ru (Анаников В.П.).  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органической химии  
им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук (ИОХ РАН).

Подписи к.х.н. Д.М. Архиповой и академика РАН, д.х.н. В.П. Ананикова заверяю:

Ученый секретарь ИОХ РАН,  
кандидат химических наук

Коршевец Ирина Константиновна

15 ноября 2021 года

