

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата химических наук Умедова Шодруза Турабековича
на тему: «Синтез и оптические свойства материалов на основе
иодостаннатов (IV)» по специальности 1.4.15. Химия твердого тела
(химические науки).

Выявление закономерностей в строении и физических свойствах материалов, потенциально перспективных для применения в разнообразных областях науки и техники, позволит использовать эти знания для более эффективной разработки новых функциональных материалов с уникальными характеристиками. А направленный поиск новых функциональных материалов XXI века продолжает вызывать огромный интерес у исследователей, работающих в области неорганической химии. Рецензируемая работа Умедова Ш.Т. исключительно **актуальна** и полностью соответствует пункту 21а «Стратегии научно-технологического развития России до 2035 года»: «переход к передовым технологиям проектирования и создания высокотехнологичной продукции, основанным на применении ... новых материалов и химических соединений...».

Диссертация Умедова Ш.Т. обладает несомненной *научной новизной*, которая заключается в синтезе новых иодостаннатов с органическими катионами, изучении их кристаллического строения и физических свойств, внедрении нового метода получения фазы CsSnI₃, экспериментальном изучении возможности образования галогенидов в бинарных системах CsI-(Ga,In,Sb)I₃ в широком диапазоне составов.

Личный вклад соискателя в диссертационную работу заключался в подготовке, планировании и проведении экспериментальных работ, анализе и систематизации литературных данных, в интерпретации полученных данных, их последующем анализе и публикации материалов исследований.

Диссертация Умедова Ш.Т. написана (в целом, за исключением некоторого числа опечаток и орфографических ошибок, на которых оппонент не хочет заострять внимание) грамотным научным языком, изложена на 203 страницах машинописного текста, включает в себя 84 рисунка и 18 таблиц. Список цитируемых источников состоит из 192 наименований. По структуре работа состоит из введения (глава 1), обзора литературы (глава 2), экспериментальной части (глава 3), результатов и их обсуждения (глава 4), заключения и выводов (глава 5), списка цитируемой литературы и приложений, дополнительно содержащих 33 рисунка и 46 таблиц. К оформлению работы у оппонента есть определенные замечания, которые будут отмечены в отзыве чуть ниже.

Во введении автор приводит обоснование актуальности представленной работы, уточняет ее цели и задачи, фиксирует объекты исследования, аргументирует научную новизну и достоверность полученных результатов, конкретизирует теоретическую и практическую значимость работы, формулирует четыре защищаемых положения.

Глава 2 является литературным обзором. Рассматривая его в целом, можно отметить значительную работу, проведенную автором по систематизации обширного фактического материала по функциональным материалам сложных галогенидов и их твердых растворов с перовскитоподобной структурой, методам их получения и областями их применения. Несмотря на положительное впечатление от этой главы у рецензента по ней имеются вопросы и некоторые замечания, в основном, редакционного характера (причем, некоторые из них относятся ко всем главам и приложению).

1) В качестве редакционного замечания к этой и всем последующим главам отмечу весьма частое изложение материала не от третьего, а от первого лица (и во множественном числе): «мы учитываем», «мы изготовили», «мы также замечаем» и т.д. и т.п., что смотрится весьма

странно. Справедливости ради отметим, что иногда автор переключается на изложение материала от 3-его лица.

2) У оппонента вызвало серьезное недоумение отсутствие системного подхода в использовании русских (что предпочтительно, так как этот язык является официальным языком публикации диссертационной работы) либо английских подписей в рисунках и таблицах. Во многих рисунках подписи к осям и поясняющие надписи в теле рисунков приведены на английском языке (например, рис. 5, 16-30, 34, 35, 37, 40, таблицы 12, 15, почти все таблицы в приложении и т.д. и т.п.). С другой стороны, часть рисунков автор оформил на официальном языке диссертационного исследования. Нумерация частей рисунков также приведена бессистемно: иногда a-b-c, а иногда a-b-в. После 30-ого рисунка (стр. 53) следует 18-ый (стр. 54) с последующим продолжением уже этой нумерации. С точки зрения оппонента, стандартизация русскоязычного представления всех рисунков и таблиц не потребовала бы от автора значительных усилий и улучшило бы визуальное впечатление от диссертации.

3) Химические формулы и цифры в символах пространственных групп принято приводить прямым шрифтом, даже если они находятся в подписи к рисунку или названии параграфа.

4) Размеры атомов на рисунках часто не пропорциональны ионным радиусам, используемым диссертантом в своей работе; из них следует, что некоторые катионы больше по размеру чем крупный анион Γ , что неверно.

5) На рис. 4 диссертант приводит так называемый «октаэдрический коэффициент», утверждая, что «чем он больше, тем стабильнее фаза». Это высказывание справедливо лишь до верхней границы устойчивости октаэдрической координации, а начиная с величины, равной 0,6 данное утверждение попросту неверно, поскольку изучаемый коэффициент попадает уже в диапазон устойчивости больших координационных чисел 7 и 8.

6) Комментируя ширину запрещенных зон, приведенных на рис. 5а, диссертант никак не описывает четко проявляющийся для всех составов минимум для катиона Ni.

7) Оппонент категорически не согласен с кристаллохимическим описанием структуры фазы Cs_2SnI_6 (стр. 24). Элементарная ячейка соединения не может «*состоять* из 14 октаэдров» (в принципе). Октаэдры не могут «*образовывать кубооктаэдрические пустоты*». Подпись к рисунку 8 не соответствует изображению.

8) «Связи I-I» лучше назвать контактами (табл. 2 и далее по тексту), поскольку между ними проявляется, в основном, отталкивающее взаимодействие.

Глава 3 является методической. Автор приводит перечень использованных в данной работе реактивов и научного оборудования, описывает методики синтеза. К этой главе у оппонента нет замечаний, во многом из-за излишней лаконичности подачи материала.

Основная **глава 4** посвящена описанию результатов, полученных в диссертационной работе, их анализу и обсуждению. Подробный анализ результатов, представленных автором в главе 4, позволяет считать все четыре **защищаемых положения доказанными**. К этой главе у оппонента также имеется несколько замечаний смыслового и редакционного характера.

1) Утверждение, что соединение TETMASnI_5 кристаллизуется в «тригональной сингонии» (стр. 127) - ошибочное. Безусловно, можно по-разному относиться к разделению классов и пространственных групп на 6 либо 7 сингоний. С точки зрения оппонента при описании внутреннего строения кристаллов выделение шести сингоний намного более оправдано, чем семи. Данная проблема во многом связана с тем, что единственному русскому термину «сингония» соответствует целых три английских определения: «*crystal family*», «*crystal system*» и «*lattice system*». Точка зрения диссертанта может не совпадать с мнением рецензента. Тем не менее, если для групп с главной поворотной или инверсионной осью третьего порядка

термин «тригональная сингония» допустим (хотя и нежелателен: «...there is no "trigonal" lattice system. To avoid confusion of terminology, the term trigonal lattice is not used». Или «... in three dimensions, the hexagonal and trigonal crystal systems are combined into one hexagonal crystal family» [<https://dictionary.iucr.org/>]), то **наличие поворотной оси 6-ого порядка** (6_3) однозначно привязывает данное соединение к **гексагональной сингонии** (подсингонии).

2) Данные таблицы 7 свидетельствуют о сильном отрицательном отклонении метрических характеристик твердого раствора от аддитивности. Хотелось бы услышать комментарии диссертанта о причинах этого наблюдения.

3) Фотографии принято сопровождать масштабом, даже если они «оптические» (рис. 60, 74а, и далее по тексту работы).

В приложениях автор дополнительно проиллюстрировал результаты своего исследования большим числом иллюстраций и таблиц. Помимо вышеотмеченных редакционных замечаний определенное недоумение вызвало представление в таблицах координат атомов, выраженных в долях элементарной ячейки с коэффициентом 10000 (Таблицы Д8, Д27, Д34, Д36, Д40, Д42, Д46). С какой целью вводился этот бессмысленный коэффициент?

В качестве итога проведенного анализа диссертационной работы Умедова Шодруза Турабековича можно сказать следующее. Автор представил **законченное научное исследование**, в которой успешно **решена** весьма **крупная научная задача** – установление корреляции «состав – структура – оптические свойства» для группы неорганических и органо-неорганических иодостаннатов общего состава A_2SnI_6 и их твердых растворов. Отмеченные в отзыве вопросы и замечания не изменяют положительную оценку рецензируемой работы; они носят в большинстве случаев рекомендательный характер и не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация **отвечает требованиям**,

установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода.

По результатам работы диссертантом были опубликованы 8 научных публикаций, в том числе 3 статьи в научных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Автор докладывал свои результаты на 5-ти российских и международных научных конференциях.

Содержание диссертационной работы полностью отражено в автореферате и *соответствует специальности* 1.4.15. «Химия твердого тела» (по химическим наукам), а *также критериям*, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертация оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Таким образом, Умедов Шодруз Турабекович *заслуживает присуждения* ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15. «Химия твердого тела».

Официальный оппонент

Еремин Николай Николаевич, член-корреспондент РАН, доктор химических наук (25.00.05 - минералогия, кристаллография), ученое звание – доцент.

Должность - декан геологического факультета, заведующий кафедрой кристаллографии и кристаллохимии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Адрес: 119234, Российская Федерация, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, оф. 523.

Телефон: +7(495) 939-2970.

e-mail: neremin@geol.msu.ru; neremin@mail.ru

«10» марта 2025 г.

Я, Еремин Николай Николаевич, даю согласие на использование моих персональных данных в документах, связанных с защитой диссертации Умедова Шодруза Турабековича, и их дальнейшей обработкой.