

## Отзыв

на автореферат диссертации Никонова Константина Семеновича  
**«Синтез и физико-химические свойства монокристаллов слоистых дихалькогенидов ванадия и циркония ( $VSe_2$ ,  $VTe_2$ ,  $ZrSe_2$ ,  $ZrTe_2$ ) и интеркаляционных соединений на их основе»**, представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 – неорганическая химия

Прорыв в области изучения 2D-состояния вещества, связанный с исследованиями графена в начале 21 столетия, привел к новому всплеску интереса к слоистым дихалькогенидам переходных элементов (TMDC). Эти соединения общей формулой  $MX_2$ , где X – S, Se, Te, объединены характерной слоистой структурой, и за счет богатства различных физико-химических свойств являются перспективными материалами как с технологической точки зрения, так и с точки зрения фундаментальной науки. Вопросы синтеза объемных кристаллов TMDC актуальны как сами по себе, так и в качестве промежуточной ступени при получении тонких пленок слоистых дихалькогенидов. Как самостоятельное направление данного раздела науки может трактоваться легирование кристаллов TMDC различными добавками, позволяющее целенаправленно воздействовать на физико-химические свойства получаемого материала.

С этих позиций не вызывает сомнений актуальность обсуждаемой диссертационной работы, в которой ставились и успешно решены задачи нахождения, уточнения условий синтеза, всесторонней диагностики наименее охарактеризованных до настоящего времени диселенидов и дителлуридов ванадия и циркония, поиска и характеристики интеркаляционных соединений на их основе. Такая постановка задачи потребовала от исполнителя многопланового подхода к ее решению, осуществления как обширной синтетической программы, так и привлечения разнообразных современных диагностических методов: дифракционных, КР-спектроскопических, EDX-спектроскопии, СТМ,

РФЭС. Все разделы исследования выполнены на хорошем теоретическом и экспериментальном уровне. В итоге работы апробирована методика синтеза кристаллов  $VX_2$  и  $ZrX_2$  ( $X - Se, Te$ ) методом ХТР с использованием галогенов в качестве транспортного агента, где в качестве источника последнего впервые предложены  $VCl_3$  и  $ZrOCl_2$ ; выявлена зависимость морфологии получаемых кристаллов от природы транспортного агента. Синтезированы соединения  $Li_xZrSe_2$  и  $Cs_xVSe_2$ ,  $M_xZrSe_2$  ( $M = Cs, K$ ) по новой авторской методике легирования калием и цезием объемных кристаллов TMDC из газовой фазы. Получены образцы  $MSe_2$  ( $M = V, Zr$ ), допированные Cu, и  $ZrSe_2$ , допированные Mn; выявлен различный характер распределения указанных допантов по объему кристалла. Все новые фазы охарактеризованы рентгенографически и спектроскопически. В образцах  $VSe_2$  и  $VTe_2$  методами КР-спектроскопии и сканирующей туннельной микроскопии исследованы фазовые переходы, связанные с CDW-состоянием.

Достоверность результатов проведенных исследований и обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, обусловлена широким набором экспериментальных данных, полученных путем применения комплекса физико-химических методов, взаимоподтверждающих приводимую информацию.

В целом полученные в работе сведения представляют собой набор систематических взаимосогласованных физико-химических данных о группе фаз TMDC, расширяющих и углубляющих наши представления об этом классе соединений.

Положительно оценивая содержание и оформление автореферата, рецензент считает, что было бы целесообразно графическое представление рентгенограмм образцов  $VSe_2$  дополнить цифровыми значениями параметров элементарных ячеек этой фазы, учитывая существование у нее заметной области гомогенности.

Резюмируя все изложенное, можно заключить:



Диссертационная работа Никонова Константина Семеновича «Синтез и физико-химические свойства монокристаллов слоистых дихалькогенидов ванадия и циркония ( $VSe_2$ ,  $VTe_2$ ,  $ZrSe_2$ ,  $ZrTe_2$ ) и интеркаляционных соединений на их основе» соответствует требованиям, изложенным в п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842) и пп. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном бюджетном учреждении науки Института Общей и Неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук» от 26 октября 2018 г., предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 – неорганическая химия.

Долгих Валерий Афанасьевич  
доктор химических наук,  
профессор по специальности «Неорганическая химия».  
Ведущий научный сотрудник.

Организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, химический факультет, лаборатория направленного неорганического синтеза.

Почтовый адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический факультет

Телефон: +7 (495) 939 35 04

Эл. адрес: [dolgikh@inorg.chem.msu.ru](mailto:dolgikh@inorg.chem.msu.ru)

Даю согласие на обработку моих персональных данных

*В.А. Долгих*

Подпись Долгих В.А. заверяю

Дата *26.05.2021*

