

## ОТЗЫВ

На автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата химических наук Черноухова Ивана Владимировича  
на тему: «Тройные слоистые халькогениды марганца: синтез, структура и магнитные  
свойства»  
по специальности 1.4.1. Неорганическая химия

Представленный автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук обозревает исследование тройных слоистых халькогенидов марганца из семейств «124» и «225». Исследование сосредоточено на синтезе, кристаллических структурах, эксфолиации слоистых халькогенидов, а также на их магнитных свойствах. Тема данной работы является актуальной как с точки зрения неорганической химии, ввиду слабой изученности соединений с 3 и более элементами; так и с точки зрения физики конденсированного состояния, поскольку слоистые соединения обладают сильной анизотропией электрических и магнитных параметров, приводящих к полупроводниковым свойствам, низкоразмерному магнетизму, эффекту туннельного магнетосопротивления, которые обладают высоким потенциалом приложения, в том числе, в новых технологиях спинтроники.

Автором получены новые соединения  $MnAl_2Se_4$ ,  $Mn_2Al_2S_5$ ,  $Mn_2Al_2Se_5$  и новая высокотемпературная модификация  $Mn_2In_2Se_5$ , что безусловно указывает на научную новизну. Кроме синтеза произведены уточнения кристаллических структур методом Ритвельда, показано, что соединения изоструктурны  $MgAl_2Se_4$  и  $Mg_2Al_2Se_5$  соответственно, также предложена новая модель структуры  $MnAl_2S_4$ . Для некоторых представителей показана химическая стабильность по отношению к влаге и кислороду воздуха, продемонстрирована возможность получения наночастиц с помощью жидкостной эксфолиации для соединений  $MnAl_2S_4$ ,  $MnAl_2Se_4$ ,  $Mn_2Ga_2S_5$ . Выполнены измерения и обработка магнитных свойств, выявлены предпочтительные антиферромагнитные взаимодействия и фрустрация магнитных моментов, связанная с двумерностью магнитной подрешетки и смешанной заселенностью катионных позиций.

Использованное многообразие взаимодополняющих методов позволяет убедиться в достоверности результатов. В работе использовались: порошковая рентгеновская дифракция, электронная дифракция, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, термический анализ, атомно-силовая микроскопия, измерения полевых и температурных зависимостей намагниченности.

При прочтении текста автореферата диссертации возникают следующие вопросы и замечания:

1. В названии диссертации фигурирует слово «синтез», но в автореферате совсем нет информации об этом кроме указания способа получения кристаллов – метода газового транспорта. Нет физико-химических условий синтеза, не указаны даже транспортные реагенты.
2. Кварцевые ампулы правильнее называть ампулами из кварцевого стекла.
3. Взрыва ампул, содержащих алюминий, марганец и серу, легко избежать, если нагревать ампулы ступенчато, позволив сначала алюминию образовать на своей поверхности слой сульфида, и тем самым исключить взаимодействие металла со стеклом.
4. Автором сказано о смешанной заселенности катионных позиций. Тогда непонятно, можно ли так однозначно распределять хром по позициям в соединениях  $Mn_{2-x}Cr_xGa_2S_5$  и  $Mn_2Ga_{2-x}Cr_xS_5$  и других.

5. Сказано, что R-фаза распадается на MnSe и  $MnIn_2Se_4$  при нагревании от 200°C до 700°C. Если это перитектоидный распад, то температура трехфазного равновесия может быть установлена с достаточной точностью.
6. Есть неудачные формулировки. Например, в защищаемых положениях: «твердый раствор, содержащий не менее 37.5% хрома», вместо «граница твердого раствора...», «соединения  $MnAl_2S_4$ ,  $MnAl_2Se_4$ ,  $Mn_2Al_2S_5$ ,  $Mn_2Al_2Se_5$ ,  $Mn_2Ga_2S_5$ , и  $Mn_2In_2Se_5$  кристаллизуются в структурных типах  $MgAl_2Se_4$  и  $Mg_2Al_2Se_5$ , соответственно».

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Автореферат диссертации отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.1. Неорганическая химия (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. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Черноухов Иван Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Доктор химических наук, доцент  
профессор кафедры химии, новых технологий и материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Университета «Дубна»  
главный научный сотрудник лаборатории электрохимии, физики и термодинамики минералов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экспериментальной минералогии им. Д.С. Коржинского РАН

Чареев Дмитрий Александрович

«7» 10 2026 г.

Контактные данные:

Тел. \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

Специальность, по которой защищена диссертация:

01.04.18 – Кристаллография, физика кристаллов (хим.науки)

Адрес места работы:

141982 Московская область, г.Дубна, ул.Университетская, 19

Я, Чареев Дмитрий Александрович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета МГУ 014.8, и их дальнейшую обработку.