

**Заключение диссертационного совета МГУ.014.8
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

Решение диссертационного совета от «19» мая 2026 г. № 1

О присуждении Черноухову Ивану Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Тройные слоистые халькогениды марганца: синтез, структура и магнитные свойства» по специальности 1.4.1. «Неорганическая химия» принята к защите диссертационным советом «24» марта 2026 г., протокол № 1.

Соискатель Черноухов Иван Владимирович, 1997 года рождения, в 2019 и 2021 годах окончил, соответственно, бакалавриат и магистратуру факультета наук о материалах Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по специальности «Химия, физика и механика материалов». В 2025 году Черноухов И.В. окончил очную аспирантуру факультета наук о материалах ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по направлению 04.06.01. «Химические науки». С апреля 2022 г. по настоящее время работает в должности инженера в лаборатории направленного неорганического синтеза кафедры неорганической химии Химического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре неорганической химии Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в лаборатории направленного неорганического синтеза.

Научный руководитель:

Верченко Валерий Юрьевич – кандидат химических наук, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, кафедра неорганической химии, ведущий научный сотрудник

Официальные оппоненты:

Илюхин Андрей Борисович – доктор химических наук, Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова Российской академии наук, лаборатория кристаллохимии и рентгеноструктурного анализа, ведущий научный сотрудник

Титов Александр Натанович – доктор физико-математических наук, профессор, Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория электрических явлений, главный научный сотрудник

Чернышев Владимир Васильевич – доктор физико-математических наук, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра общей химии; лаборатория структурной химии, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой квалификацией и богатым опытом научной работы в области неорганической химии, кристаллохимии и физики конденсированного состояния, что подтверждается наличием публикаций в профильных высокорейтинговых журналах. Илюхин Андрей Борисович является признанным специалистом в области определения кристаллических структур различных соединений, в том числе комплексов *d*- и *f*-элементов. Титов Александр Натанович ведет активную научную деятельность в области слоистых халькогенидов переходных металлов. Чернышев Владимир Васильевич – признанный специалист по кристаллохимии различных систем, в том числе интерметаллидов, металлоорганических каркасов и оксидов.

Соискатель имеет 4 опубликованных статьи, в том числе по теме диссертации 3 статьи, все 3 опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.4.1. «Неорганическая химия» и отрасли химических наук:

1. Verchenko, V. Yu., Kanibolotskiy, A. V., Chernoukhov, I. V., Cherednichenko K. A., Bogach A. V., Znamenkov K. O., Sobolev A. V., Glazkova Ia. S., Presniakov I. A., Shevelkov A. V. Layered van der Waals chalcogenides FeAl_2Se_4 , MnAl_2S_4 , and MnAl_2Se_4 : Atomically thin triangular arrangement of transition-metal atoms // *Inorganic Chemistry*. – 2023. – vol. 62. – №. 19. – pp. 7557-7565. Импакт фактор 4.3 (JIF) – 0,56 п.л. Доля участия 30%. EDN: NVPZMZ, <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.3c00912>
2. Chernoukhov I. V., Bogach A. V., Cherednichenko K. A., Gashigullin R. A., Shevelkov A. V., Verchenko V. Yu. $\text{Mn}_2\text{Ga}_2\text{S}_5$ and $\text{Mn}_2\text{Al}_2\text{Se}_5$ van der Waals Chalcogenides: A Source of Atomically Thin Nanomaterials // *Molecules*. – 2024. – vol. 29. – №. 9. – P. 2026. Импакт фактор 4.2 (JIF) – 0,75 п.л. Доля участия 75%. EDN: GMOCGO, <https://doi.org/10.3390/molecules29092026>
3. Chernoukhov, I. V., Pyreu, A. D., Azarevich, A. N., Samarin A. N., Bogach A. V., Znamenkov K. O., Shevelkov A. V., Verchenko V. Yu. High-Temperature Layered Modification

На диссертацию и автореферат поступило 3 дополнительных отзыва, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические и практические положения, которые можно квалифицировать как научные достижения. В частности, получены 3 новых соединения $MnAl_2Se_4$, $Mn_2Al_2Se_5$, $Mn_2Al_2S_5$ и 1 новая высокотемпературная модификация известного соединения $Mn_2In_2Se_5$. Получены наночастицы различной морфологии: наносвертки и нанопластины из $MnAl_2S_4$, $MnAl_2Se_4$ и $Mn_2Ga_2S_5$, на основе которых могут быть сформированы гетероструктуры с применением в области спинтроники. Для слоистых халькогенидов марганца показана простая механическая жидкостная эксфолиация в различных растворителях и химическая стабильность на воздухе в течение недели и до высоких температур (500 °C). Показано неупорядоченное состояние магнитной подсистемы для $Mn_2Ga_2S_5$ и $Mn_2In_2Se_5$. Полученные и систематизированные структурные данные позволяют оценить область существования слоистых соединений по размерам ионов для структурных типов $MgAl_2Se_4$, $Mg_2Al_2Se_5$. Успешные эксперименты с твердыми растворами замещения позволяют расширить область поиска в большом интервале химических составов, которая предоставляет широкие рамки для получения материалов с модифицированными физическими свойствами, например, полупроводниковыми или магнитными.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Новые полученные 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. В кристаллических структурах всех соединений наблюдается смешанная заселенность катионных позиций. Доля трехзарядного иона в тетраэдрической позиции для всех целевых соединений составляет 75-80%. Область существования слоистых соединений со структурой $MgAl_2Se_4$ ограничена значениями размерного фактора t (фактора толерантности) от 0.54 до 0.66.

2. Соединения $Mn_2Ga_2S_5$ и $Mn_2In_2Se_5$ являются химически стабильными на воздухе, в то время как $MnAl_2S_4$, $MnAl_2Se_4$, $Mn_2Al_2S_5$, $Mn_2Al_2Se_5$ гидролизуются. Жидкостная эксфолиация $MnAl_2S_4$, $MnAl_2Se_4$ и $Mn_2Ga_2S_5$ позволяет получать наноматериалы с различной морфологией: наноллисты и наносвертки, обладающие стабильной атомарно гладкой поверхностью и пригодные для дальнейшего создания гетероструктур и устройств спинтроники.
3. В результате частичного замещения марганца на хром в соединении $Mn_2Ga_2S_5$ образуется твердый раствор замещения, содержащий не менее 37.5% хрома, пригодный для дальнейшей модификации магнитных и транспортных свойств соединения. В системе Mn-Al-S не наблюдается протяженной области гомогенности при изменении соотношения катионов в целевых соединениях.
4. Ионы марганца в кристаллической структуре соединений $Mn_2Ga_2S_5$ и $Mn_2In_2Se_5$ проявляют сильное взаимодействие антиферромагнитного типа в парамагнитном состоянии, при этом сопряженная система магнитных моментов является в значительной степени фрустрированной.

На заседании «19» мая 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Черноухову И.В. ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.4.1. «Неорганическая химия», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета МГУ.014.8

д.х.н., академик РАН Солнцев К.А.

Ученый секретарь диссертационного совета МГУ.014.8

к.х.н. Климашина Е.С.

«19» мая 2026 г.