

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

Решение диссертационного совета от «9» июня 2026 г. № 7

О присуждении Шилову Андрею Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Сверхпроводящие висмутиды и их аналоги: синтез, строение, свойства» по специальности 1.4.1. «Неорганическая химия» принята к защите диссертационным советом «28» апреля 2026 г., протокол № 5.

Соискатель Шилов Андрей Игоревич, 1994 года рождения, в 2018 году окончил специалитет химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по специальности «Фундаментальная и прикладная химия». В 2022 году Шилов А.И. окончил очную аспирантуру химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по направлению 1.4.1. «Неорганическая химия». С июня 2019 г. по настоящее время работает в должности высококвалифицированного младшего научного сотрудника в Центре высокотемпературной сверхпроводимости и квантовых материалов имени В.Л. Гинзбурга, Физического института академии наук имени П.Н. Лебедева.

Диссертация выполнена на кафедре неорганической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научные руководители:

Морозов Игорь Викторович – доктор химических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», химический факультет, кафедра неорганической химии, профессор;

Официальные оппоненты:

Чернышев Владимир Васильевич – доктор физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, химический

факультет, кафедра общей химии; лаборатория структурной химии, ведущий научный сотрудник;

Чареев Дмитрий Александрович – доктор химических наук, Учреждение Российской академии наук Институт экспериментальной минералогии им. Д.С. Коржинского РАН (ИЭМ РАН), главный научный сотрудник;

Пушкин Денис Валериевич – доктор химических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева", химический факультет, кафедра неорганической химии, декан химического факультета, заведующий кафедрой неорганической химии;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой квалификацией и богатым опытом научной работы в области неорганической химии, что подтверждается наличием публикаций в профильных высокорейтинговых журналах. Чернышев Владимир Васильевич является признанным специалистом в области кристаллохимии и структурного анализа. Чареев Дмитрий Александрович ведет активную научную деятельность в области железосодержащих сверхпроводников. Пушкин Денис Валериевич – признанный специалист в области неорганического синтеза и кристаллографии.

Соискатель имеет 31 опубликованную статью, в том числе по теме диссертации 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.4.1. «Неорганическая химия»:

1. Шилов А.И., Перваков К.С., Тафеев В.А., Морозов И.В. Синтез и кристаллическое строение новых тройных висмутидов NaZnBi и NaCdBi // Координационная химия. - 2020. - Т. 46, № 9. - С. 545-553. (50%) Импакт-фактор 0.953 (SJRI) – 0.5 п.л. EDN: STXQAR
2. Shilov A. I., Pervakov K. S., Lyssenko K. A., Vlasenko V. A., Efremov D. V., Aswartham S., Simonov S.V., Morozov I.V., Shevelkov A. V. Synthesis and crystal growth of novel layered bismuthides ATM_2Bi_2 (A =K, Rb, Cs; TM =Zn, Cd), electron-deficient compounds with the ThCr_2Si_2 structure // Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie - 2023. - Vol. 649, № 6–7. - P. e202200298. (50%) Импакт-фактор 1.048 (SJRI) – 0.63 п.л. EDN: WCBXNV
3. Shilov A. I., Rakhmanov E. O., Lyssenko K. A., Kuznetsov A. N., Morozov I. V., Shevelkov A. V. Crystal and Electronic Structure of Ternary Bismuthides $\text{BaTM}_{1.8}\text{Bi}_2$ (TM = Au,

Ag) with a New Variation of the BaAu_2Sb_2 Structure Type // Crystals. - 2024. - Vol. 14, № 2. - P. 155 (40%) Импакт-фактор 2.582 (SJR) – 0.94 п.л. EDN: BPIEXX

4. Sadakov, A.V., Usoltsev, A.S., Vlasenko, V.A., Gavrilkin S. Yu., Shilov A.I., Pervakov K.S., Rakhmanov E.O., Morozov I.V. Record High Critical Temperature Among Bismuthides of the 122 Family: $\text{BaAg}_{1.8}\text{Bi}_2$ with a Monoclinically Distorted CaBe_2Ge_2 Structure // JETP Letters – 2025 - Vol. 121 - P. 72–77. (20%) Импакт-фактор 1.188 (SJR) – 0.38 п.л. EDN: UAMSZK

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

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны практические и теоретические положения, которые можно квалифицировать как научные достижения. В частности, в рамках работы впервые получены новые висмутиды семейства 111: NaZnBi , NaCdBi , KCdBi , RbZnBi в виде монокристаллов, установлена их кристаллическая структура. Показано, что структурный тип образующихся соединений определяется отношением эффективных ионных радиусов щелочного и переходного металла. По мере уменьшения этого отношения происходит переход от слоистой 2D-структуры (RbZnBi) к трёхмерной (NaCdBi). Транспортные измерения монокристаллов KCdBi и RbZnBi демонстрируют отличный от металлического ход кривой сопротивления, что может говорить о наличии в данных соединениях свойств, связанных с топологией Ферми поверхности, что подтвердило результаты расчётов зонной структуры для этих соединений. RbZnBi при 3.5K демонстрирует переход в состояние двумерной сверхпроводимости. Также впервые получены кристаллы ранее неизвестных электрондефицитных висмутидов семейства 122 со структурой ThCr_2Si_2 : KZn_2Bi_2 , RbZn_2Bi_2 , KCd_2Bi_2 , RbCd_2Bi_2 , CsCd_2Bi_2 . Выявлены геометрические факторы, влияющие на межслоевое расстояние в этих структурах. Показано, что при замене Zn на Cd происходит сближение слоёв, что возможно, приводит, в случае RbCd_2Bi_2 к появлению свойств волн зарядовой плотности. Выращены кристаллы ранее неизвестного висмутида $\text{BaAu}_{1.8}\text{Bi}_2$, в структуре которого одна из кристаллографических позиций золота остаётся вакантной примерно на 20%, что обуславливает смещение располагающихся рядом атомов Bi и локальное разупорядочение атомов Au в соседнем слое. Такое же кристаллическое строение демонстрирует $\text{BaAg}_{1.8}\text{Bi}_2$. Показано, что висмутид бария-серебра $\text{BaAg}_{1.8}\text{Bi}_2$ является сверхпроводником с рекордной для соединений данного структурного типа температурой перехода в сверхпроводящее состояние – 5.5K. Сверхпроводящие свойства охарактеризованы рядом

методов, включая андреевскую спектроскопию. Показано, что это двухщелевой сверхпроводник второго рода, значения 1 и 2 критического поля составляют 53 и 20000 Э. Показано, что для получения кристаллических образцов NaZnSb с частичным замещением Sb на Bi методом кристаллизации из расплава пниктогенов реакционная смесь должна быть существенно обогащена висмутом. В результате проведенных экспериментов получены кристаллические образцы $\text{NaZnSb}_{1-x}\text{Bi}_x$ с уровнем замещения до 14%. Расчеты электронного строения, зонной структуры и некоторых других свойств новых висмутидов семейств 111 и 122 показали, что большинство из полученных соединений являются проводниками с металлическим типом проводимости. Для ряда соединений можно ожидать проявления свойств, обусловленных топологией поверхности Ферми.

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. Разработанные методики синтеза позволяют воспроизводимо получать висмутиды семейств 111 и 122 в виде монокристаллов с линейными размерами от 2 до 8 мм.
2. Структурный тип образующихся соединений ATMBi семейства 111 определяется соотношением эффективных ионных радиусов щелочного A и переходного ТМ металла и практически не зависит от размера пниктогена.
3. Для получения монокристаллов $\text{NaZnSb}_{1-x}\text{Bi}_x$ ($x \leq 0.14$) кристаллизацией из раствора собственных компонентов содержание сурьмы по отношению к общему количеству пниктогенов не должно превышать 5 %.
4. Уменьшение межслоевого расстояния Bi---Bi при замене $\text{TM} = \text{Zn}$ на Cd в новом семействе висмутидов ATM_2Bi_2 со структурой ThCr_2Si_2 объясняется с позиций модели жестких сфер и может служить причиной возможного перехода RbCd_2Bi_2 в состояние CDW (волн зарядовой плотности).
5. Висмутиды $\text{BaTM}_{1.8}\text{Bi}_2$ ($\text{TM} = \text{Ag}, \text{Au}$) кристаллизуются в ранее неизвестной моноклинной модификации структурного типа CaBe_2Ge_2 , отличающейся локальным разупорядочением атомов ТМ в антифлюоритоподобном слое $[\text{TMBi}]$.

На заседании «9» июня 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Шилову А.И. ученую степень кандидата химических наук.

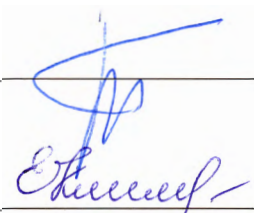
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.4.1 «Неорганическая химия», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против - 0, недействительных бюллетеней - 1.

Заместитель председателя диссертационного совета МГУ.014.8

д.х.н., член-корр. РАН Гудилин Е.А.

Ученый секретарь диссертационного совета МГУ.014.8

к.х.н. Климашина Е.С.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'Г' followed by a cursive 'А', is written over a horizontal line.

«9» июня 2026 г.