



Российская Академия Наук

ОТЧЕТ
о работе Научного совета РАН
по неорганической химии
за 2025 год

Москва

ОГЛАВЛЕНИЕ

СОСТАВ НАУЧНОГО СОВЕТА РАН ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ...	6
ПОЛОЖЕНИЕ	9
РАБОТА НАУЧНОГО СОВЕТА РАН ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В 2025 ГОДУ И ПОЛУЧЕННЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	14
I. КООРДИНАЦИОННАЯ ХИМИЯ И ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ.....	18
1.1. Хиральные галогенидные комплексы сурьмы(III) и висмута(III) как основа малошумных высокочувствительных фотодетекторов.....	18
1.2. Дикетонатные комплексы лантанидов: направленный синтез молекулярных и полимерных структур с уникальными люминесцентными свойствами	19
1.3. Переключение магнитного суперобмена за счет трансформации координационного полиэдра с тригонально-бипирамидального в квадратную пирамиду в комплексе Cu(II) с нитроксидом	20
1.4. Термомагнитная бистабильность, колоссальное отрицательное тепловое расширение и быстрое переключение состояний терагерцовым импульсом в комплексе Cu(II) с нитроксидом.....	22
1.5. Сцинтиллирующий координационный полимер на основе цианидного октаэдрического кластерного комплекса молибдена.....	23
1.6. Комплексы лантаноидов с налидиксовой кислотой.....	25
1.7. Новые ионные комплексы золота(III).....	26
1.8. Координационные соединения на основе анионов циклопропан-1,1- дикарбоновой кислоты	28
1.9. Комплексы серебра(I) с пербромированным клозо-додекаборатным анионом и N- (O-) донорными лигандами.....	30
1.10. Новый тип гетеролептических комплексов Ag(I) с клозо- бороводородными и азаетерокарбоксилатными анионами	31
1.11. Новая изомерная формы макроциклического бороводородного аниона [B ₂₀ H ₁₈] ²⁻	32
1.12. Сера-опосредованный самокомпенсирующий механизм, маскирующий электронные различия между металлами 10-й группы в супрамолекулярных стековых сборках.....	33

1.13. Кристаллические структуры нецентросимметричных фтороуранилатов $\text{Na}_3[\text{UO}_2\text{F}_5]$ и $\text{CaRb}_4[\text{UO}_2\text{F}_4]_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и типы координации адипинат-ионов в структурах комплексов <i>f</i> -металлов	35
1.14. Получение новых комплексов олова(IV) с фармакологически активными рексиноидными лигандами – перспективными противоопухолевыми агентами	37
1.15. Модуляция спинового состояния в хелатных комплексах переходных металлов с N-донорными лигандами	38
1.16. Новые подходы к созданию высокоэффективных OLED на основе комплексов лантанидов	40
1.17. Новый супрамолекулярный тектон для сборки гибридных галогенметаллатов.....	41
II. ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА	43
2.1. Легирование азотом многослойного скрученного графена для контроля электронных свойств	43
2.2. Селенит-галогениды – вещества с перспективными низкоразмерными магнитными свойствами.....	44
2.3. Изменения структурно-морфологических характеристик микрокристаллов алмаза в процессе модификации их поверхности	45
2.4. Методика получения дейтерированного моносилана $^{28}\text{SiD}_4$ из тетрафторида кремния-28.....	47
2.5. Новый эффект диэлектрического экранирования в круговом дихроизме для хиральных атомарно тонких 2D наноструктур CdSe	48
2.6. Пористые каркасных структуры для эффективной сорбции ионов металлов	50
2.7. $\text{LANi}_2\text{SBO}_6$ И $\text{LACO}_2\text{SBO}_6$ – соединения нового структурного типа с необычными магнитными свойствами	51
2.8. Новые двойные ортофосфаты церия(IV) и щелочных металлов	53
2.9. Новый подход к модификации самораспространяющегося синтеза керамики-металлических композитов с использованием декагидро-клозо-декаборатного аниона.....	54
2.10. Исследование особенностей деградации ультравысокотемпературной керамики под воздействием высокоскоростных газовых потоков на основе азотной плазмы.....	55
2.11. Теоретическое конструирование возможных для новых высокобористых соединений гексагональных или родственных им	

кристаллических структур, построенных на основе соединения икосаэдрических борных кластеров в тригонально-призматические группы	57
2.12. Термические свойства и ионная проводимость тетрафторборатов замещённого аммония	58
2.13. Атипичная фотолюминесценция гибридного бромантимоната с цепочечным анионом, построенным из димеров $[Sb_2Br_{10}]$	59
III. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ВКЛЮЧАЯ КОМПОЗИЦИОННЫЕ И НАНОМАТЕРИАЛЫ.....	61
3.1. Новые высокоэффективные фотокатализаторы на основе композитов $SrTiO_3$ с алмазоподобным β - C_3N_4	61
3.2. Новый материал с улучшенными трибологическими свойствами на основе эпоксиполимера с модифицированным оксидом графена.....	62
3.3. Композиты ZnO - $ZnTe$, закристаллизованные из расплава при высоком давлении: термоэлектрические и транспортные свойства	64
3.4. Сорбенты ионов металлов платиновой группы на основе легированного гетероатомами g - C_3N_4	65
3.5. Новый каталитический материал на основе гетерометаллического Pt - Co комплекса на гидроталькитном носителе.....	66
3.6. Нанокompозитный оптический материал с перестраиваемым спектром люминесценции	68
3.7. Гибридные наноматериалы для фотофармакологии с фотопереключаемой флюоресцентной визуализацией	69
3.8. Гибридные материалы на основе слоистых гидроксидов РЗЭ и малонатов меди	70
IV. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	72
4.1. Наноструктуры ZnO/Ag для SERS спектроскопии: эффект клиновидной микрополости	72
4.2. Физико-химический анализ $Y_3Fe_5O_{12}/GaAs$	73
4.3. Планарные термокаталитические сенсоры водорода: изучение состава Pd - Pt катализатора с помощью <i>operando</i> спектроскопии поглощения рентгеновского излучения.....	74
4.4. Новые полупроводниковые материалы с повышенной чувствительностью и селективностью для детектирования биомаркеров в выдыхаемом воздухе	76

4.5. Развитие неорганических люминесцентных термометров на основе лантанидов	77
4.6. Подходы определения формы нахождения тантала и ниобия в различных соединениях.....	79
V. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	81
5.1. Новый метод синтеза бета-модификации нитрида углерода с использованием плазменно-жидкостной технологии.....	81
5.2. Подходы к синтезу и структура замещенных фталонитрилов и родственных структур	82
5.3. Новый подход к решению проблемы лекарственной резистентности..	84
5.4. Способ получения нанокompозитного анодного материала для натрий-ионных аккумуляторов.....	85
5.5. Способ формирования эффективных гибридных smart-покрытий для расширения области практического применения магниевых сплавов	87
5.6. Способ получения керамических матриц на основе силиката гафния для иммобилизации радионуклидов	88
5.7. Перспективные противовирусные агенты на основе конъюгатов <i>клозо</i> -бороводородных анионов $[B_nH_n]^{2-}$ ($n = 10, 12$) с аминокислотами и исследование их активности в отношении резистентных штаммов гриппа А	90
5.8. Разработка новых подходов к получению карбоксоновых производных <i>клозо</i> -додекаборатного аниона	91
5.9. Биоразлагаемые полимерные носители с неорганическими нанонаполнителями для пищевой промышленности.....	92
5.10. Извлечение неодима из сплава NdFeB в солевых расплавах	94
5.11. Обоснование методологии создания ориентированных массивов открытых ваза-подобных микрокапсул со стенками из труднорастворимых оксигидроксидов металлов	95
КОНТАКТЫ.....	97

СОСТАВ НАУЧНОГО СОВЕТА РАН ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Бюро совета

Иванов Владимир Константинович – академик РАН, председатель
Жижин Константин Юрьевич – член-корреспондент РАН, заместитель
председателя
Шевельков Андрей Владимирович – член-корреспондент РАН, заместитель
председателя
Золотов Юрий Александрович – академик РАН
Кожевников Виктор Леонидович – академик РАН
Кузнецов Николай Тимофеевич – академик РАН
Ляхов Николай Захарович – академик РАН
Минкин Владимир Исаакович – академик РАН
Сергиенко Валентин Иванович – академик РАН
Столярова Валентина Леонидовна – академик РАН
Цивадзе Аслан Юсупович – академик РАН
Вашурин Артур Сергеевич – доктор химических наук, ученый секретарь

Члены совета

Агафонов Александр Викторович – доктор химических наук
Алиханян Андрей Сосович – доктор химических наук
Алымов Михаил Иванович – член-корреспондент РАН
Альмяшева Оксана Владимировна – член-корреспондент РАН
Амиров Рустэм Рафаэлевич – доктор химических наук
Антипов Евгений Викторович – академик РАН
Барановская Василиса Борисовна – профессор РАН
Баранчиков Александр Евгеньевич – кандидат химических наук
Баринов Сергей Миронович – член-корреспондент РАН
Бойцова Татьяна Борисовна – доктор химических наук
Братская Светлана Юрьевна – член-корреспондент РАН
Брылев Константин Александрович – профессор РАН
Бузник Вячеслав Михайлович – академик РАН
Буланов Андрей Дмитриевич – член-корреспондент РАН
Буслаева Татьяна Максимовна – доктор химических наук
Волошин Ян Зигфридович – член-корреспондент РАН

Гавричев Константин Сергеевич – доктор химических наук
Гнеденков Сергей Васильевич – академик РАН
Горбунова Юлия Германовна – академик РАН
Грачева Елена Валерьевна – доктор химических наук
Гречников Фёдор Васильевич – академик РАН
Гудилин Евгений Алексеевич – член-корреспондент РАН
Гусаров Виктор Владимирович – член-корреспондент РАН
Дедов Алексей Георгиевич – академик РАН
Еременко Игорь Леонидович – академик РАН
Иванова Мария Сергеевна – генеральный директор объединения работодателей предприятий и организаций химического комплекса
Иевлев Валентин Михайлович – академик РАН
Кискин Михаил Александрович – профессор РАН
Козюхин Сергей Александрович – доктор химических наук
Комаров Александр Александрович – директор по технологическому развитию ОАО «Красцветмет»
Котов Виталий Юрьевич – доктор химических наук
Калмыков Степан Николаевич – академик РАН
Козлова Таисия Олеговна – кандидат химических наук
Кузнецов Алексей Николаевич – член-корреспондент РАН
Кукушкин Вадим Юрьевич – академик РАН
Ласточкина Марина Андреевна – ООО «Институт Гипроникель»
Лукашин Алексей Викторович – член-корреспондент РАН
Малинина Елена Анатольевна – доктор химических наук
Марфин Юрий Сергеевич – доктор химических наук
Милаева Елена Рудольфовна – доктор химических наук
Николаев Анатолий Иванович – член-корреспондент РАН
Приходченко Петр Валерьевич – доктор химических наук
Пушкин Денис Валериевич – доктор химических наук
Ремпель Андрей Андреевич – академик РАН
Румянцев Евгений Владимирович – доктор химических наук
Санина Наталия Алексеевна – доктор химических наук
Сидоров Алексей Анатольевич – доктор химических наук
Симоненко Елизавета Петровна – профессор РАН
Солнцев Константин Александрович – академик РАН
Соловьев Сергей Николаевич – доктор химических наук
Тананаев Иван Гундарович – академик РАН
Туник Сергей Павлович – доктор химических наук

Угрюмов Александр Валерьевич – вице-президент по научно-технической деятельности, ТВЭЛ

Федин Владимир Петрович – академик РАН

Федин Матвей Владимирович – член-корреспондент РАН

Холькин Анатолий Иванович – академик РАН

Черепанов Владимир Александрович – доктор химических наук

Чурбанов Михаил Федорович – академик РАН

Шаповалов Сергей Сергеевич – кандидат химических наук

Щербаков Игорь Николаевич – доктор химических наук

Ярославцев Андрей Борисович – академик РАН

ПОЛОЖЕНИЕ

о Научном совете РАН по неорганической химии

1. Общие положения

Научный совет РАН по неорганической химии (далее – Совет) является научно-консультативным, совещательными, координационным и экспертным органом РАН, работающим на общественных началах при Отделении химии и наук о материалах РАН (далее – ОХНМ РАН).

Совет работает в информационном сотрудничестве с органами государственной власти, научными организациями и образовательными организациями высшего образования Российской Федерации независимо от их ведомственной принадлежности, иными заинтересованными организациями.

В своей деятельности Совет руководствуется Конституцией Российской Федерации, законодательством Российской Федерации, уставом РАН, постановлениями общего собрания членов РАН, постановлениями Президиума РАН, распоряжениями Президента РАН и настоящим Положением.

Общее руководство деятельностью Совета осуществляет бюро ОХНМ РАН, которое утверждает Положение о Совете, структуру и состав Совета (по представлению председателя Совета). Председатель Совета рекомендуется из числа членов РАН бюро ОХНМ РАН и утверждается Президиумом РАН на пятилетний срок. Совет создается и может быть реорганизован или ликвидирован постановлением Президиума РАН.

2. Состав и структура совета

2.1. Совет формируется в составе председателя, заместителей председателя, ученого секретаря и членов Совета.

2.2. Членами Совета могут быть члены РАН, ведущие ученые и представители научных организаций и образовательных организаций высшего образования, научных центров, научных и научно-технических обществ, институтов развития, органов государственной власти и других организаций, участвующих в научных исследованиях по направлениям деятельности Совета. К деятельности Совета по согласованию могут привлекаться зарубежные ученые.

2.3. В перерывах между заседаниями Совета оперативную работу осуществляет бюро, которое правомочно принимать решения с последующим их утверждением на заседаниях Совета. В состав бюро Совета

входят председатель, его заместители, ученый секретарь и члены бюро. Заседания бюро проводятся по мере необходимости. Решения бюро Совета принимаются простым большинством голосов присутствующих на заседании членов бюро открытым голосованием, и оформляются протоколом заседания за подписью председателя и ученого секретаря Совета.

2.4. В структуре Совета для решения возложенных на него задач организованы региональные отделения, секции и комиссии по основным направлениям неорганической химии.

2.5. Председатель Совета по неорганической химии РАН утверждается постановлением президиума РАН по представлению бюро ОХНМ РАН. В его отсутствие руководство Советом осуществляет один из его заместителей.

2.6. Председатель Совета:

2.6.1. утверждает план работы Совета, повестку заседания и состав лиц, приглашаемых на заседание Совета и бюро;

2.6.2. организует работу Совета и председательствует на заседаниях Совета и бюро;

2.6.3. подписывает протоколы заседаний и другие документы Совета;

2.6.4. обеспечивает коллективное обсуждение вопросов, внесенных на рассмотрение Совета и бюро;

2.6.5. формирует отчет о проделанной работе и наиболее важных результатах, полученных в рамках деятельности Совета;

2.6.6. распределяет обязанности между своими заместителями и членами Совета и бюро;

2.7. Заместитель председателя Совета:

2.7.1. курирует одно или несколько направлений деятельности Совета

2.7.2. участвует в подготовке планов работы Совета и бюро;

2.7.3. участвует в подготовке отчета о проделанной работе и наиболее значимых результатах, полученных в рамках деятельности Совета.

2.8. Ученый секретарь Совета:

2.8.1. организационно обеспечивает работу Совета, готовит рабочие материалы к заседаниям, оформляет протоколы заседаний Совета и бюро;

2.8.2. готовит и согласовывает с председателем проекты документов и других материалов для обсуждения на заседаниях Совета и бюро;

2.8.3. рассылает членам Совета и бюро документы и материалы;

2.8.4. обеспечивает хранение документации Совета;

2.9. Члены Совета:

2.9.1. руководствуются положением о Совете;

2.9.2. регулярно посещают заседания Совета, назначенные его председателем;

- 2.9.3. обеспечивают связь Совета с представляемыми ими организациями;
- 2.9.4. вносят предложения и замечания к планам работы и по текущей деятельности Совета в целях повышения его эффективности;
- 2.9.5. запрашивают информацию о рассмотрении своих предложений;
- 2.9.6. получают информацию о деятельности Совета;
- 3.9.7. вносят предложения по формированию повестки дня заседаний Совета;
- 2.9.8. участвуют в подготовке материалов по рассматриваемым вопросам;
- 2.10. Обновление состава Совета осуществляется не реже одного раза в пять лет.

3. Порядок работы Совета

- 3.1. Организационно-техническое обеспечение деятельности Совета возлагается на ФГБУН Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН). На основании постановления бюро ОХНМ РАН или Президиума РАН Совету могут быть выделены необходимые средства для обеспечения его деятельности.
- 3.2. Совет работает в соответствии с ежегодным планом, утверждаемым председателем.
- 3.3. Совет решает вопросы в пределах задач и полномочий, возложенных на него соответствующими положениями.
- 3.4. Для решения возложенных на них задач и осуществления функций Совет вправе:
 - 3.4.1. рассматривать и принимать решения по вопросам профильной деятельности на своих заседаниях или заседаниях бюро;
 - 3.4.2. создавать секции, постоянные или временные рабочие группы, комиссии для решения задач, входящих в компетенцию Совета;
 - 3.4.3. проводить плановые, внеочередные и заочные мероприятия (координационные совещания, конференции, сессии и симпозиумы) по вопросам деятельности Совета;
 - 3.4.4. по согласованию с руководителями научных организаций и образовательных организаций высшего образования, а также научных центров, научных и научно-технических обществ, институтов развития и других организаций запрашивать материалы по вопросам, относящимся к деятельности Совета;
 - 3.4.5. приглашать на свои заседания с правом совещательного голоса представителей заинтересованных организаций, членов РАН, ведущих российских ученых, сотрудников аппарата президиума РАН, представителей органов государственной власти;

- 3.4.6. готовить и при необходимости выносить на обсуждение президиума РАН и бюро ОХНМ РАН вопросы по профилю Совета.
- 3.5. Заседания Совета созываются по решению председателя или бюро по мере необходимости. Заседания могут проводиться с использованием технических средств аудио- и/или видео-конференц-связи.
- 3.6. Совет правомочен принимать решения по рассматриваемым вопросам, если на заседании присутствует не менее половины его списочного состава.
- 3.7. Решения Совета принимаются открытым голосованием за исключением вопросов, связанных с рейтинговыми и профессиональными оценками деятельности организаций науки, ученых и специалистов, участвующих в развитии направления, подведением итогов научных конкурсов. Решение Совета считается принятым, если за него проголосовало более половины членов Совета, участвующих в заседании, и оформляются протоколом за подписью председателя и ученого секретаря Совета.
- 3.8. Решения Совета носят рекомендательный характер, если иное не предусмотрено соответствующим положением о Совете. Рекомендации и предложения Совета могут также реализовываться в форме постановлений бюро ОХНМ РАН или Президиума РАН.
- 3.9. Члены Совета могут квалифицированным большинством голосов принять решение о проведении тайного голосования по любому обсуждаемому ими вопросу.
- 3.10. Совет ежегодно до 1 марта представляет в ОХНМ РАН отчеты о проделанной работе и сведения о наиболее важных достижениях российских ученых в области общей и неорганической химии.
- 3.11. Совет может иметь адрес в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», ссылка на который помещается на портале РАН.
- 3.12. Совет имеет свой фирменный бланк.

4. Функции совета

Совет выполняет следующие основные функции:

- 4.1. проводит анализ состояния и тенденций развития отечественной и мировой науки в области общей и неорганической химии; по результатам анализа готовит рекомендации для ОХНМ РАН или Президиума РАН, а также для заинтересованных органов государственной власти;
- 4.2. разрабатывает задачи и прогнозы основных направлений фундаментальных исследований по общей и неорганической химии; составляет координационные планы и научные программы; осуществляет координацию работ по этим направлениям, выполняемым в государственных научных организациях; рассматривает по поручению бюро ОХНМ РАН и

Президиума РАН состояние материального обеспечения исследований и готовит рекомендации по этим вопросам;

4.3. подготавливает предложения по формированию новых академических и федеральных программ научных исследований, включению новых проектов в существующие программы;

4.4. подготавливает предложения и рекомендации по использованию результатов научных исследований в различных областях государственной и хозяйственной деятельности;

4.5. принимает участие в экспертизе проектов и аттестации научных организаций по запросу бюро ОХНМ РАН, Президиума РАН, Минобрнауки РФ, других министерств и ведомств;

4.6. в соответствии с п. 38 Устава РАН, выдвигает кандидатов в члены РАН;

4.7. выдвигает работы на соискание Государственных премий РФ, премий Правительства РФ, золотых медалей и премий РАН;

4.8. участвует в организации и проведении национальных и международных научных конгрессов, конференций, семинаров, школ, а также в подготовке и публикации их материалов;

4.9. способствует подготовке и изданию современных учебников и учебных пособий по неорганической химии для средних школ и вузов; активно участвует в совершенствовании послевузовского образования (аспирантура, докторантура, переподготовка и повышение квалификации кадров);

4.10. способствует изданию научной литературы, улучшению информационного обеспечения научных и образовательных организаций по общей и неорганической химии;

4.11. содействует расширению международного сотрудничества по направлению, пропаганде результатов исследований российских ученых, изучению наследия выдающихся ученых России и популяризации научных достижений;

4.12. рекомендует кандидатов для направления в научные командировки за границу с целью изучения состояния науки и техники в области общей и неорганической химии; рассматривает отчеты о командировках, осуществляемых по рекомендации Совета; участвует в разработке планов международных научных связей;

4.13. вносит предложения в бюро ОХНМ РАН и Президиум РАН по кандидатурам главных редакторов журналов;

4.14. формирует рекомендации об организации диссертационных советов по профилю Совета;

4.15. готовит предложения по поддержке научных школ и молодых талантливых ученых.

РАБОТА НАУЧНОГО СОВЕТА РАН ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В 2025 ГОДУ И ПОЛУЧЕННЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В 2025 году деятельность совета была направлена на анализ состояния и тенденций развития отечественной и мировой науки в области общей, неорганической химии и химического материаловедения. Проведено две научные сессии, посвященные ключевым вопросам создания новых материалов на основе неорганических соединений, в том числе с применением направленного неорганического синтеза.

В рамках сессии Научного совета РАН по неорганической химии «Неорганическая химия как основа для создания новых материалов» были заслушаны и обсуждены следующие научные и технологические доклады:

- член-корреспондент РАН Левашов Евгений Александрович (МИСИС) «Перспективные композиционные материалы для высокотемпературных областей применения и инженерии поверхности»;

- член-корреспондент РАН Волошин Ян Зигфридович (ИОНХ РАН) «Молекулярные магнитные устройства и металлополимерные материалы на основе клеточных комплексов 3d-металлов со спиновыми переходами или молекулярным магнетизмом»;

- член-корреспондент РАН Мартынов Александр Германович (ИФХЭ РАН) «Умные материалы на основе комплексов переходных металлов с фталоцианинами и их аналогами»;

- член-корреспондент РАН Банных Игорь Олегович (ИМЕТ РАН) «Влияние химического состава на формирование структурно-фазового состояния сплавов на основе железа»;

- профессор РАН Кискин Михаил Александрович (ИОНХ РАН) «Координационные соединения для создания функциональных материалов»;

- профессор РАН Симоненко Елизавета Петровна (ИОНХ РАН) «Современные проблемы в области создания ультравысокотемпературных керамических материалов»;

- профессор Перевислов Сергей Николаевич (НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей») «Новый композиционный материал алмаз-карбид кремния («Идеал»). Технология, свойства, практическое значение»;

д.ф.-м.н. Рыльцев Роман Евгеньевич (ИМЕТ УрО РАН) «Первопринципное атомистическое моделирование и машинное обучение для прогнозирования свойств металлических сплавов»;

д.т.н. Ерисов Ярослав Александрович (Самарский национальный исследовательский университет) «Физико-химические основы управления свойствами металлов и сплавов при производстве полуфабрикатов и изделий»;

к.ф.-м.н. Емельяненко Кирилл Александрович (ИФХЭ РАН) «Лазерная физико-химическая модификация в процессах функционализации материалов».

В рамках сессии Научного совета РАН по неорганической химии «Химия координационных соединений и материалов на их основе» были представлены доклады, отражающие фронтальные направления химии координационных соединений при создании новых классов функциональных материалов:

- академик РАН Федин Владимир Петрович (ИНХ СО РАН) «Металл-органические каркасы и функциональные материалы»;

- член-корреспондент РАН Трифонов Александр Анатольевич (ИНЭОС РАН) « η^2 -Олефиновые комплексы s- и f-элементов: время ломать стереотипы»;

- член-корреспондент РАН Пискунов Александр Владимирович (ИМХ РАН) «Хромофорные комплексы металлов для видимой и БИК областей спектра - использования редокс-активных лигандов для дизайна красителей»;

- профессор Сидоров Алексей Анатольевич (ИОНХ РАН) «Стехиометрические и нестехиометрические сокристаллы координационных соединений»;

- профессор Кинжалов Михаил Андреевич (СПбГУ) «Многофункциональные комплексы платиновых металлов с ациклическими диаминокарбенами: катализ, люминесценция и медицина»;

- д.х.н. Приходченко Петр Валерьевич (ИОНХРАН) «Подходы к применению пероксокомплексов для получения материалов»;

- профессор Уточникова Валентина Владимировна (МГУ) «Координационные соединения лантанидов для люминесцентной термометрии: от направленного синтеза к прототипу»

- профессор Пушкин Денис Валериевич (Самарский университет им. академика С.П. Королева) «Новые карбоксильные комплексы уранила».

Также в рамках полномочий Советом осуществлялась научно-методическая и научно-организационная поддержка научных мероприятий, проводимых в России, в том числе мероприятий для молодых ученых (конференций, научных школ, конкурсов и др.) и проводились мероприятия по популяризации науки.

Далее в основной части отчета приведены достижения российских ученых в области - общей и неорганической химии;

- химии координационных соединений и кластеров;
- химии твердого тела;
- химии материалов и неорганического материаловедения;
- физико-химических методов анализа неорганических соединений;
- химической технологии неорганических веществ и материалов,
- методики преподавания общей и неорганической химии в высших учебных заведениях, а также родственных направлений исследований.

Под научно-методическим руководством Совета и при участии членов Совета в 2025 году были проведены следующие научные мероприятия:

Зимняя школа по физическим методам исследования неорганических веществ и материалов

17 – 21 февраля 2025, г.
Москва, ИОНХ РАН

VIII Всероссийская молодёжная конференция «Химия и химическое образование XXI века»	24 – 28 марта, г. Санкт-Петербург, РГПУ
XV Конференция молодых учёных по общей и неорганической химии	7 – 11 апреля, г. Москва, ИОНХ РАН
XXXV Российская молодежная научная конференция с международным участием «Проблемы теоретической и экспериментальной химии»	22 – 25 апреля, г. Екатеринбург, УрФУ
XXIX Международная Чугаевская конференция по координационной химии	23 – 27 июня, г. Казань, ФИЦ КазНЦ РАН
XVI Симпозиум с международным участием «Термодинамика и материаловедение – 2025»	30 июня – 4 июля, г. Санкт-Петербург
Первая российская конференция с международным участием «Николаевские чтения»	18 – 21 августа, г. Новосибирск, ИНХ СО РАН
XXIV Всероссийская школа-конференция молодых учёных «Актуальные проблемы неорганической химии»	14 – 16 ноября, п. Красновидово (Московская область) МГУ
VIII Всероссийское Собрание заведующих кафедрами неорганической химии	20 – 21 октября 2025, г. Москва, МГУ
V Всероссийская конференция «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов»	24 – 28 ноября 2025, г. Апатиты, ИХТРЭМС КНЦ РАН
83-е Курнаковские чтения	5 декабря 2025, г. Москва, ИОНХ РАН
VI Научно-практическая конференция «Неорганическая химия и материаловедение: поколение NEXT»	14 – 17 декабря, г. Москва, ИОНХ РАН

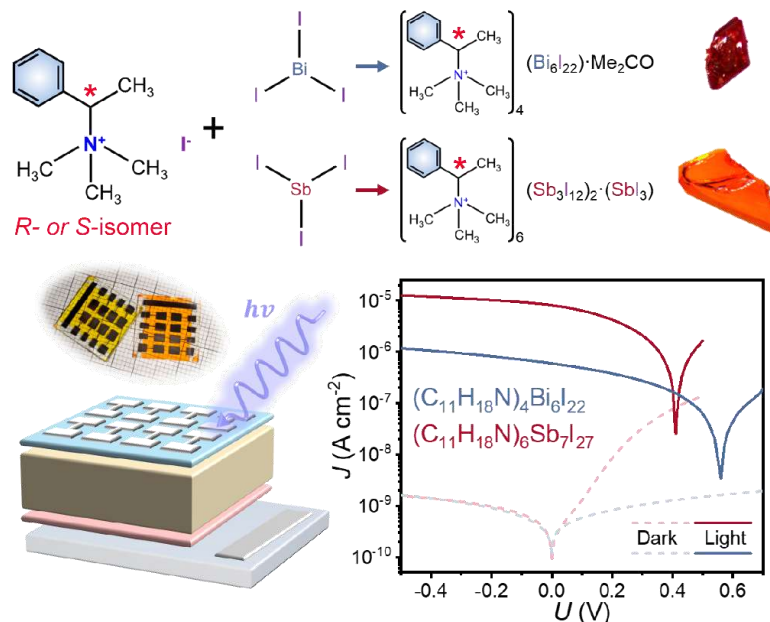
Далее в основной части отчета приведены достижения российских ученых в области неорганической химии¹.

¹ В отчете представлен обзор научных работ, опубликованных в 2025 году в открытых источниках. Все представленные материалы публикуются в авторской редакции. научный совет РАН по неорганической химии не несет ответственности за содержание научных работ и их опубликование.

I. КООРДИНАЦИОННАЯ ХИМИЯ И ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

1.1. Хиральные галогенидные комплексы сурьмы(III) и висмута(III) как основа малозумных высокочувствительных фотодетекторов

Синтезированы новые хиральные перовскито-подобные соединения на основе висмута(III) и сурьмы(III), проявляющие высокую фотопроводимость при относительно низкой темновой проводимости. Созданные на основе полученных соединений фотодетекторы демонстрируют высокую чувствительность и высокую скорость отклика при низком уровне шума и стабильности устройства. Создание и использование фотоактивных бесвинцовых перовскитоидов является одним из перспективных направлений в современной оптоэлектронике. Полученные результаты свидетельствуют о высоком потенциале бесвинцовых перовскитоидов для оптоэлектронных применений, а также принципиально дополняют имеющиеся в данной области сведения.



Новые хиральные перовскитоиды, фотодетекторы на их основе и их ключевые характеристики.

Руководитель работ – д.х.н. Артемьев А.В. (Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН)

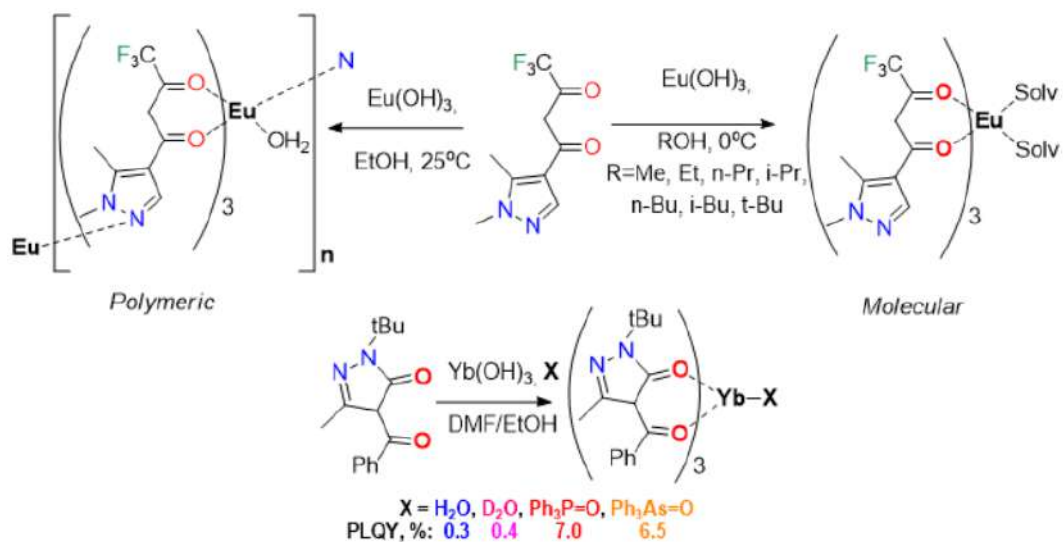
Публикация:

Jia Z., Davydova M.P., Sukhikh T.S., Liu H., Liu Y., Artem'ev A.V., Lin Q. Optoelectronics of Lead-Free Antimony- and Bismuth-Based Metal Halides for Sensitive and Low-Noise Photodetection // Advanced Functional Materials. – 2025. – V.35. – a.n. 2413612. DOI: 10.1002/adfm.202413612

1.2. Дикетонатные комплексы лантанидов: направленный синтез молекулярных и полимерных структур с уникальными люминесцентными свойствами

На примере пиразол-замещенного β -дикетона впервые осуществлен направленный синтез полимеров с образованием *1-d* комплекса $\{\text{Eu}(\text{L})_3(\text{H}_2\text{O})\}_n$ за счёт координации Eu^{3+} через атом азота пиразольного заместителя. Установлено, что молекулярные комплексы $[\text{Eu}(\text{L})_3(\text{ROH})]$ – кинетические контролируемые продукты, а полимерная форма – термодинамически стабильный продукт с повышенной эффективностью эмиссии благодаря удалению воды и повышению жесткости системы.

Синтезированы ацилпиразолонаты иттербия с рекордными квантовыми выходами ИК-люминесценции (до 7%). Высокая эффективность достигнута за счёт уникального механизма сенсбилизации через межмолекулярное состояние с переносом заряда (PLCT), индуцированного фосфиноксидными и арсиноксидными лигандами, содержащими тяжелые атомы Р и As. Предложенная стратегия не требует использования перфторированных или дейтерированных лигандов.



Руководитель работ – к.х.н. Белоусов Ю.А. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет)

Публикации:

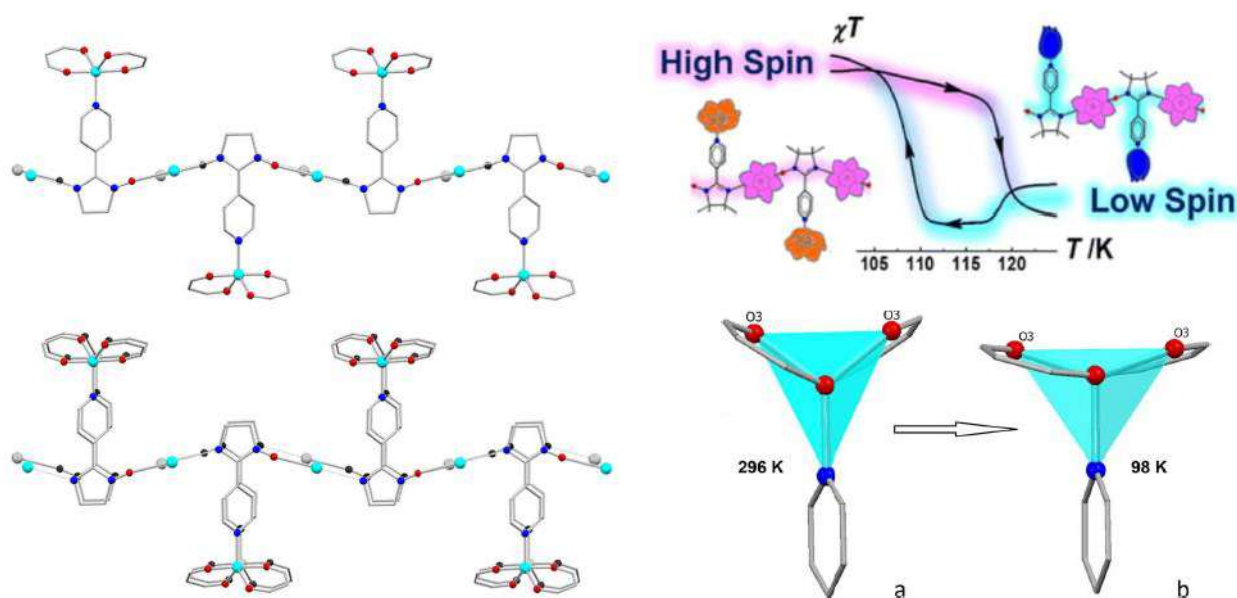
Gontcharenko V.E., Islamov M.M., Polikovskiy T.A., Shatalova T.B., Taydakov I.V., Belousov Yu.A. Thermodynamic vs. kinetic control: Case study of Eu(III) molecular and polymer β -diketonate complexes // *Inorganic Chemistry Communications*. – 2025. – V. 114640. DOI: 10.1016/j.inoche.2025.114640

Polikovskiy T.A., Shikin D.D., Korshunov V.M., Gontcharenko V.E., Metlin M.T., Datskevich N.P., Islamov M.M., Kompanets V.O., Chekalin S.V., Belousov Yu.A., Taydakov I.V. Intermolecular Charge Transfer Induced Sensitization of Yb^{3+} in β -Diketone Coordination Compounds with Excellent Luminescence Efficiency // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2025. V. 26. – a.n. 6814. DOI: 10.3390/ijms26146814

1.3. Переключение магнитного суперобмена за счет трансформации координационного полиэдра с тригонально-бипирамидального в квадратную пирамиду в комплексе Cu(II) с нитроксидом

Получен полимерно-цепочечный комплекс $\text{Cu}(\text{hfac})_2$ с пиридилзамещённым имионитроксидом, образованный за счет тритопной функции

парамагнитного лиганда – мостиковой координации иминонитроксильного фрагмента в цепи и координации к дополнительным внецепочечным фрагментам $\text{Cu}(\text{hfac})_2$. Специфичное разупорядочение мостикового парамагнитного фрагмента $\{\text{Cu}\cdots\text{N}=\text{C}-\text{N}-\text{O}\cdots\text{Cu}\}$ в структуре $[\text{Cu}_2(\text{hfac})_4(\text{IN})_2]_n$ связано с суперпозицией двух разнонаправленных цепей, что создаёт иллюзию наличия в структуре нитронилнитроксильного лиганда. Для комплекса наблюдаются температурно-индуцируемые трансформации ЭПР-спектра и магнитных свойств, сопровождаемые гистерезисом. Показано, что приложение гидростатического давления выше 1.9 кБар подавляет фазовый переход. Детальный анализ результатов совокупности физико-химических методов и квантовохимических расчетов позволил установить природу магнитной аномалии. Было показано, что изменение магнитных свойств обусловлено переключением магнитного суперобмена через пиридиновый фрагмент при трансформации координационных полиэдров внецепочечных ионов $\text{Cu}(\text{II})$.



Руководитель работ – к.х.н. Богомяков А.С. (Институт "Международный томографический центр" СО РАН)

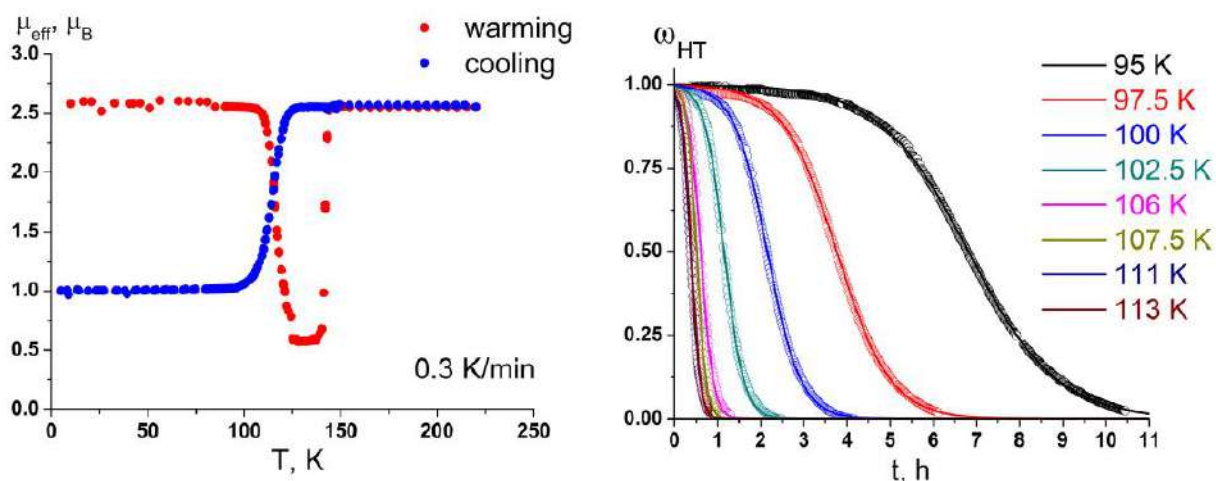
Публикация:

Maryunina K., Yamaguchi K., Inoue K., Samsonenko A., Veber S., Smirnova K., Bogomyakov A., Letyagin G., Romanenko G., Morozov V. Magnetic superexchange switching by transformation of trigonal bipyramid into square pyramid in Cu(II)-nitroxide complex // Dalton Transactions. – 2025. – V. 54. – P. 15176 - 5187. DOI: 10.1039/D5DT01274K

1.4. Термомагнитная бистабильность, колоссальное отрицательное тепловое расширение и быстрое переключение состояний терагерцовым импульсом в комплексе Cu(II) с нитроксидом

Впервые обнаружен гетероспиновый комплекс Cu(II) с нитронилнитроксильным радикалом, для которого наряду с неклассическим спиновым переходом наблюдается бистабильность за счет температурно-индуцированного захвата возбужденного состояния (TIESST-эффекта). Ранее считалось, что бистабильность за счет TIESST-эффекта в подобных системах невозможна, поскольку возбужденное состояние релаксирует слишком быстро.

В полученном в данной работе соединении метастабильное возбужденное состояние сохраняется вплоть до 116 К, а при 95 К его релаксация занимает более девяти часов. Неожиданным оказалось и то, что в отличие от описанных ранее спин-кроссоверных систем, релаксация протекает по автокаталитическому механизму. Показано, что переключение спинового состояния в этом комплексе возможно терагерцовым импульсом менее чем за 50 мс при 113 К. Результаты этой работы открывают новые перспективы для развития молекулярного магнетизма и понимания динамики спиновых переходов.



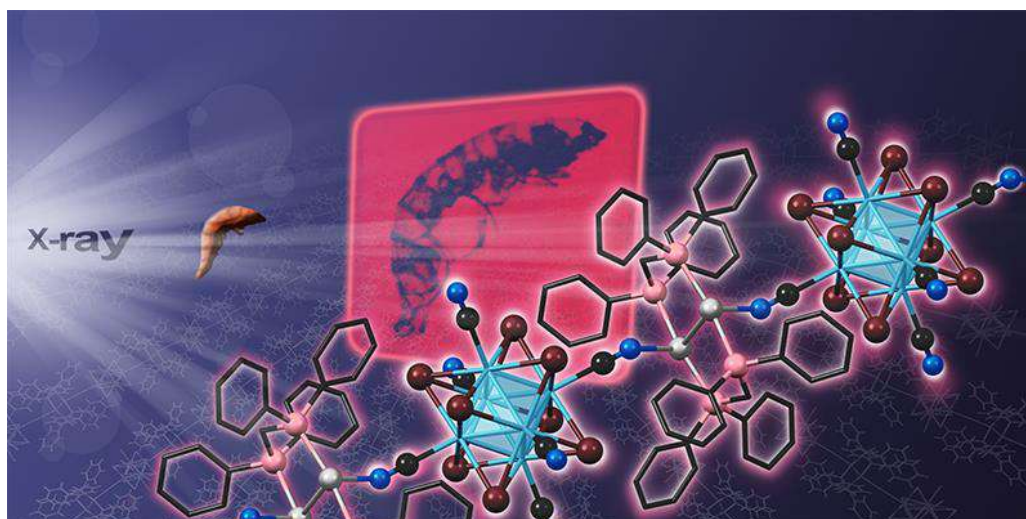
Руководитель работ – к.х.н. Богомяков А.С. (Институт "Международный томографический центр" СО РАН)

Публикация:

Smirnova K., Golomolzina I., Fokin S., Tolstikov S., Chernavin P., Letyagin G., Romanenko G., Zaitsev K., Melnikov A., Veber S., Fedin M., Bogomyakov A. Thermomagnetic Bistability, Colossal Negative Thermal Expansion, and THz-Heat-Induced Switching in Cu-Nitroxide Complex // *Angewandte Chemie - International Edition*. – 2025. – a.n. e202514043 . DOI: 10.1002/anie.202514043

1.5. Сцинтиллирующий координационный полимер на основе цианидного октаэдрического кластерного комплекса молибдена

Впервые показан эффект усиления твердотельной люминесценции цианокластера $[\{Mo_6I_8\}(CN)_6]^{2-}$ при включении в кристаллическую структуру координационного полимера. Полимер, описываемый формулой $[\{Ag_2(dppm)_2\}\{Mo_6I_8\}(CN)_6]$ ($dppm = 1,2$ -бис(дифенилфосфино)метан), проявляет на порядок более интенсивную фотоэмиссию в красной области спектра по сравнению с исходной солью $Cs_{1.3}Na_{0.7}[\{Mo_6I_8\}(CN)_6] \cdot 2H_2O$. Этот эффект выражен ещё сильнее в случае рентген-индуцированной эмиссии, интенсивность которой для полимера превосходит интенсивность эмиссии соли-прекурсора более, чем в 100 раз.



Координационный полимер на основе цианокластера молибдена демонстрирует яркую эмиссию в красной области при возбуждении УФ- или рентгеновским излучением, что делает его перспективным материалом для сцинтилляционных детекторов.

Высокий световыход и чрезвычайно высокая устойчивость синтезированного полимерного соединения к воздействию рентгеновского излучения позволили впервые изготовить сцинтилляционные экраны на основе октаэдрических кластерных комплексов молибдена, разрешение которых не уступает коммерчески используемым неорганическим сцинтилляторам.

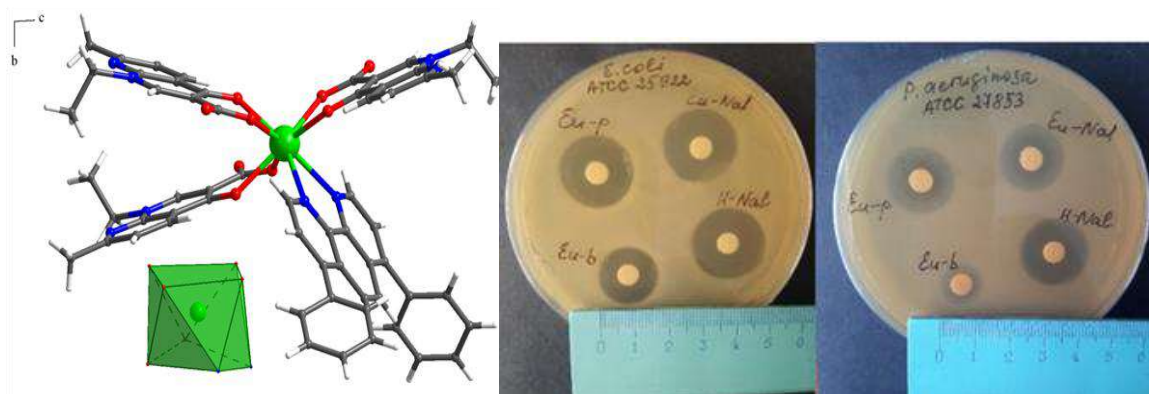
Руководитель работ – д.х.н., профессор РАН Брылев К.А. (Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН)

Публикация:

Litvinova Y.M., Stass D.V., Metlin M.T., Korshunov V.M., Ryzhikov M.R., Yarovoy S.S., Sukhikh T.S., Mironov Y.V., Taydakov I.V., Belikova D.E., Tarasov A.B., Brylev K.A., Gaifulin Y.M. Luminescent cyanide coordination polymer based on $\{\text{Mo}_6\text{I}_8\}$ and $\{\text{Ag}_2(\text{dppm})_2\}$ clusters: exceptional stability and efficient scintillation // *Inorganic Chemistry Frontiers*. – 2025. – V.24. – P. 8536. DOI: 10.1039/D5QI01532D

1.6. Комплексы лантаноидов с налидиксовой кислотой

Координационные соединения лантаноидов обладают уникальными оптическими свойствами, которые усиливаются при введении ароматических лигандов. Объединяя лекарственный препарат с люминесцентным металлоцентром лантаноида в единый комплекс, можно создавать вещества, которые не только проявляют биологическую активность, но и служат биосенсорами. Синтезирована серия комплексов лантаноидов с антибиотиком налидиксовой кислотой и дополнительными лигандами с общей формулой $[Ln(Nal)_3(L)]$ (Nal = налидиксат-анион, Ln = Eu, Tb, Gd; L = 1,10-фенантролин, 4,7-дифенил-1,10-фенантролин). Фотофизические исследования показали, что вспомогательные лиганды значительно усиливают интенсивность эмиссии, квантовый выход достигает 59% для Eu(III) и 53,3% для Tb(III), а эффективность сенсibilизации достигает 97,7%, что делает эти системы одними из самых эффективных молекулярных люминофоров Eu^{3+} , известных на сегодняшний день. Кроме того, комплексы европия сохраняют антибактериальную активность налидиксатного лиганда и демонстрируют сопоставимую эффективность в отношении *E.coli*, *P.aeruginosa* и *S.aureus*. Полученные результаты подчеркивают неиспользованный потенциал лекарственных лигандов в качестве сенсibilизаторов в фотофизике лантаноидов и предлагают новые пути разработки многофункциональных люминесцентных зондов для биомедицинской визуализации и диагностики.



Молекулярная структура комплекса [Ln(Nal)₃(bphen)] и изучение антибактериальной активности методом бумажных дисков в отношении *E.coli*, *P.aeruginosa*.

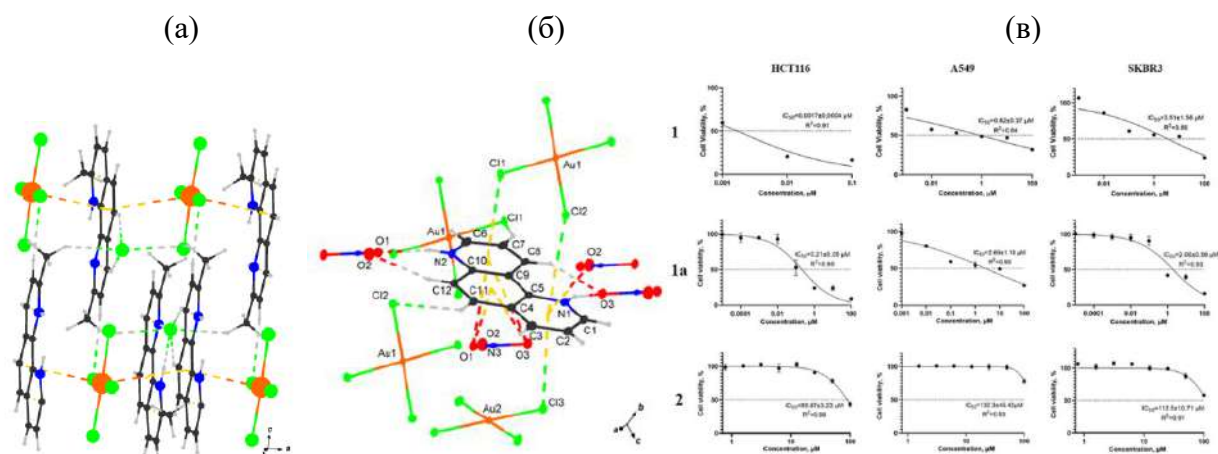
Руководитель работ – академик РАН Еременко И.Л. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН).

Публикация:

Nikiforova M.E., Uvarova M.A., Metlin M.T., Metlina D.A., Taydakov I.V., Kulikova V.V., Revtovich S.V., Solyev P.N., Kiskin M.A. Eremenko I.L. Lanthanide complexes with nalidixic acid and N-chelate ligands: The first example of crystal structures, ways to enhance luminescence and antibacterial activity // *Inorganic Chemistry Communications*. – 2025. – V. 115518. DOI: 10.1016/j.inoche.2025.115518

1.7. Новые ионные комплексы золота(III)

Синтезированы новые ионные комплексы золота(III) с олигопиридинами, (neocH₂)[AuCl₄] \cdot Cl (1) and (1,7-phenH₂)[AuCl₄] \cdot NO₃ (2) из сильноокислых растворов (neoc = 2,9-диметил-1,10-фенантролин).



Фрагменты супрамолекулярных слоев комплексов 1 (а) и 2 (б); противоопухолевая активность соединений 1, 1а и 2 в отношении чувствительных линий клеток опухолей человека *in vitro* (время инкубации 72 ч) (в).

Установлено, что протонирование N-лигандов, блокирует их способность образовывать ковалентные/координационные связи с комплексообразователем (в отличие от слабых растворов, где наблюдается прямая координация фенантролиновых или бипиридиновых фрагментов к золоту(III), например, $[\text{Au}(\text{neoc})\text{Cl}_3]$ (1а), $[\text{Au}(1,7\text{-phen})\text{Cl}_3]$ (2а), $[\text{Au}(1,10\text{-phen})\text{Cl}_2] \cdot \text{PF}_6$ (3,) and $[\text{Au}(\text{bpy})\text{Cl}_2] \cdot \text{PF}_6$ (4, bpy).

Исследование гидролитической стабильности 1а, 2а, 3 и 4 показало, что скорость диссоциации N-донорного лиганда определяется типом его координации с ионом Au(III) и pH среды: бидентатно-циклический способ координации и нейтральная среда способствуют более медленному элиминированию олигопиридинов. Было установлено, что соединения 1а, 2а, 3 и 4 быстро реагируют с глутатионом (GSH) в условиях, близких к физиологическим, с образованием тиолатных комплексов золота(I), в частности, $[\text{Au}(\text{GSH})_2]^{3-}$. Этот процесс облегчается присутствием Cl^-/OH^- , которые могут быстро замещаться нуклеофилом типа GS^- , высоким окислительно-восстановительным потенциалом комплексов золота(III) и очень высокой стабильностью тиолатных комплексов золота(I). Результаты биологических испытаний *in vitro* на непатогенном штамме *Mycobacterium smegmatis* показали более высокую эффективность хелатированных олигопиридиновых фрагментов; однако они не выявили каких-либо

принципиальных различий, связанных с типом комплекса. Цитостатическая активность соединений 1 и 1a значительно превосходит активность цисплатина, одновременно демонстрируя высокие значения индекса селективности (SI), что указывает на высокий потенциал этих соединений. В отличие от комплексов 1 и 1a, антипролиферативная активность комплекса 2, содержащего монодентатно-связанный фрагмент 1,7-фенантролина, низка, и это соединение более токсично для здоровых фибробластов. В результате проведения молекулярного докинга комплекса 1 и неокупроина было обнаружено образование стабильных супрамолекулярных ассоциаций неокупроин-белок и 1-белок, что указывает на их высокое сродство к белкам. Моделирование молекулярной динамики показало, что ионы золота(III) могут вызывать разворачивание белков, нарушая их нативность и ухудшая функциональные свойства.

Руководитель работ – академик РАН Еременко И.Л. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН).

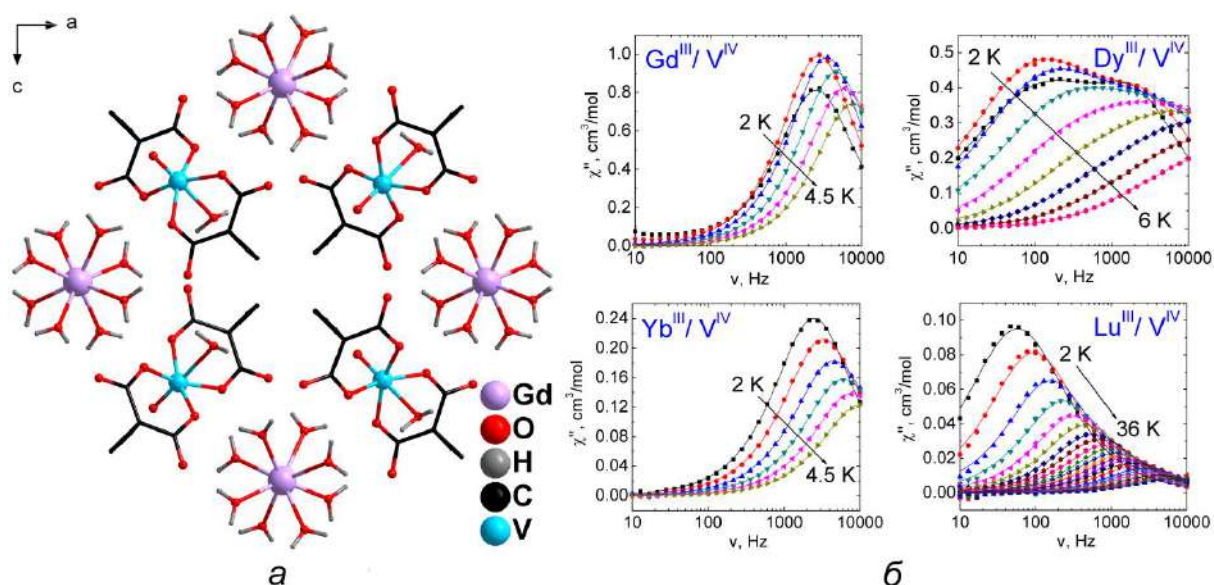
Публикация:

Koshenskova K.A., Bardina E.E., Makotchenko E.V., Kharlamova V.Y., Mironov I.V., Bekker O.B., Treshalina H.M., Sokolova D.V., Pokrovsky V.S., Borodin E.A., Kotel'nikov D.D., Belyaev D.V., Vakhrusheva D.V., Krasnoborova S.Y., Rusinov G.L., Timofeev E.A., Leusova N.Yu., Kiskin M.A., Eremenko I.L., Lutsenko I.A. Gold(III) complexes containing (non)protonated oligopyridines—unexpected results in cancer drug research // *New Journal of Chemistry*. – 2025. V. – 49. – a.n. 14037. DOI: 10.1039/d5nj02110c

1.8. Координационные соединения на основе анионов циклопропан-1,1-дикарбоновой кислоты

Получена серия ионных координационных соединений $(\text{Bu}_4\text{N})[\text{Ln}(\text{H}_2\text{O})_8][(\text{VO})(\text{cpdc})_2(\text{H}_2\text{O})]_2 \cdot 2/3\text{H}_2\text{O}$ (Ln = Gd, Tb, Dy, Er, Yb, Lu) на

основе анионов циклопропан-1,1-дикарбоновой кислоты. Установлено, что в кристаллических структурах ионные фрагменты Ln^{3+} и V^{4+} связаны за счет водородной связи с образованием супрамолекулярных слоев, разделенных объемными органическими катионами. Исследованы магнитные свойства полученных соединений, показано влияние природы иона лантанида на особенности магнитного поведения соединений. Продемонстрирована перспективность карбоксилатных лигандов для направленного синтеза молекулярных предшественников сложных оксидов – ортованадатов РЗЭ.



Фрагмент супрамолекулярного слоя соединения $(\text{Bu}_4\text{N})[\text{Gd}(\text{H}_2\text{O})_8][(\text{VO})(\text{cpdc})_2(\text{H}_2\text{O})]_2 \cdot 2/3\text{H}_2\text{O}$ по данным PCA (а) и частотные зависимости мнимой компоненты динамической магнитной восприимчивости (χ'') для соединений $\text{Gd}^{\text{III}}\text{-V}^{\text{IV}}$, $\text{Dy}^{\text{III}}\text{-V}^{\text{IV}}$, $\text{Yb}^{\text{III}}\text{-V}^{\text{IV}}$ ($\text{HDC} = 2500 \text{ Э}$) и $\text{Lu}^{\text{III}}\text{-V}^{\text{IV}}$ ($\text{HDC} = 5000 \text{ Э}$) (б).

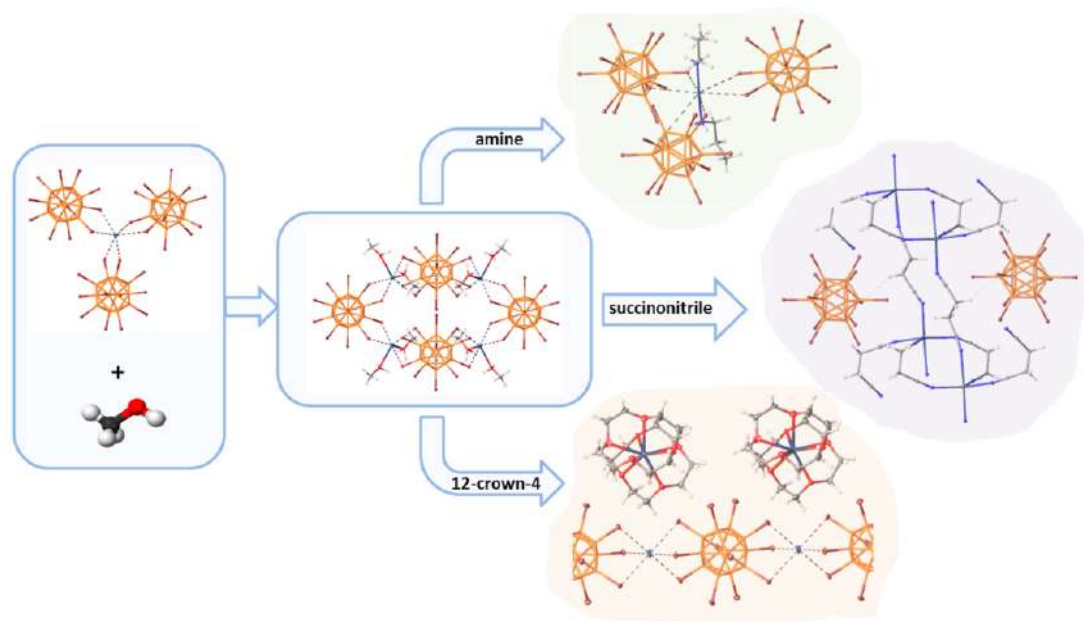
Руководитель работ – академик РАН Еременко И.Л. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикация:

Bazhina E.S., Shmelev M.A., Gogoleva N.V., Matiukhina A.K., Vasilev P.N., Efimov N.N., Kiskin M.A., Eremenko I.L. Novel bimetallic $\text{Ln}^{\text{III}}/\text{V}^{\text{IV}}$ ($\text{Ln} = \text{Gd}$, Tb , Dy , Er , Yb , Lu) compounds with cyclopropane-1,1-dicarboxylate anions and bulky tetrabutylammonium cations: synthesis, structure, magnetic properties, and

1.9. Комплексы серебра(I) с пербромированным клозо-додекаборатным анионом и N- (O-) донорными лигандами

Показано, что при взаимодействии солей серебра $\text{Ag}_2[\text{B}_{12}\text{Br}_{12}]$ с органическими лигандами, содержащими атомы азота ($\text{NCCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$, NH_2Pr , NHBu_2) или кислорода (CH_3OH , 12-crown-4) образуется ряд новых комплексов с уникальной архитектурой. Эти соединения напоминают молекулярные конструкторы, где серебро играет роль связующего звена, а органические молекулы — лиганды — выступают в роли «скрепок» или «оберток», формируя сложные пространственные структуры.



Типы координации в зависимости от выбора органического лиганда.

Эксперименты показали, что в зависимости от того, какой «помощник» — содержащий азот или кислород — добавляется в реакцию, серебро создает совершенно разные ансамбли. С одним лигандом оно выстраивается в аккуратные линейные цепочки, с другим — образует причудливые полимерные слои, напоминающие молекулярные ткани. Данное исследование — это еще один шаг к пониманию того, как управлять

молекулярным дизайном, используя слабые, но многочисленные межмолекулярные взаимодействия.

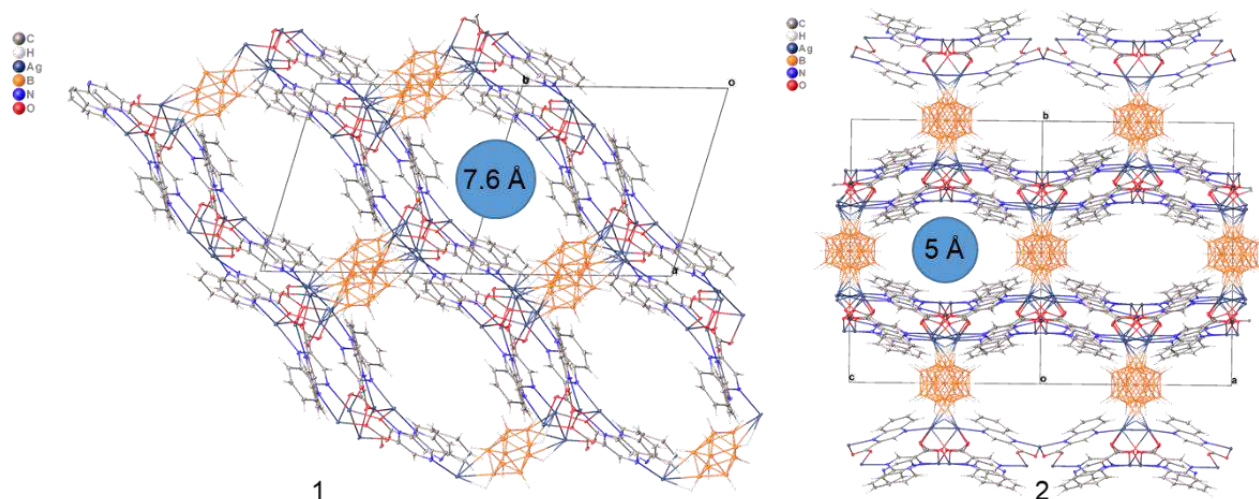
Руководитель работ – академик РАН Кузнецов Н.Т. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикация

Golubev A.V., Kubasov A.S., Malinina E.A., Nikiforova S.E., Goeva L.V., Avdeeva V.V., Bykov A.Yu., Zhizhin K.Yu., Kuznetsov N.T. Complexation of $\text{Ag}_2[\text{B}_{12}\text{Br}_{12}]$ salts in the presence of N-donor and O-donor organic ligands // Journal of Molecular Structure. – 2025. – V. 1346. – a.n. 143159. DOI: 10.1016/j.molstruc.2025.143159.

1.10. Новый тип гетеролептических комплексов Ag(I) с клозо-бороводородными и азагетерокарбоксилатными анионами

Впервые разработан метод синтеза гетеролептических комплексов серебра(I), одновременно координирующих кластерные анионы бора $[\text{B}_n\text{H}_n]^{2-}$ ($n = 10, 12$) и 2-хиноксалинкарбоксилат-анионс (Qox^-). В одностадийной реакции в смеси ацетонитрил/ДМФА получены полимерные каркасные соединения состава $[\text{Ag}_6[\text{B}_n\text{H}_n]\text{Qox}_4]$. Комплексы охарактеризованы элементным анализом, ИК- и УФ-спектроскопией, РФА и РСА монокристалла. Установлено, что органический лиганд выступает как тетраденатный, координируя три атома металла (два моноденатно, один хелатно), а борные кластеры координированы через Ag–H–B связи. Соединения термостабильны до $\sim 180\text{--}200^\circ\text{C}$ в инертной атмосфере. Соединения содержат развитую систему пор с объёмом 29.5% ($n = 10$) и 30.4% ($n = 12$) от объёма элементарной ячейки.



Упаковка структурных элементов в кристалле соединения $[\text{Ag}_6[\text{B}_{10}\text{H}_{10}]\text{Qox}_4]$ (1) и $[\text{Ag}_6[\text{B}_{12}\text{H}_{12}]\text{Qox}_4]$ (2).

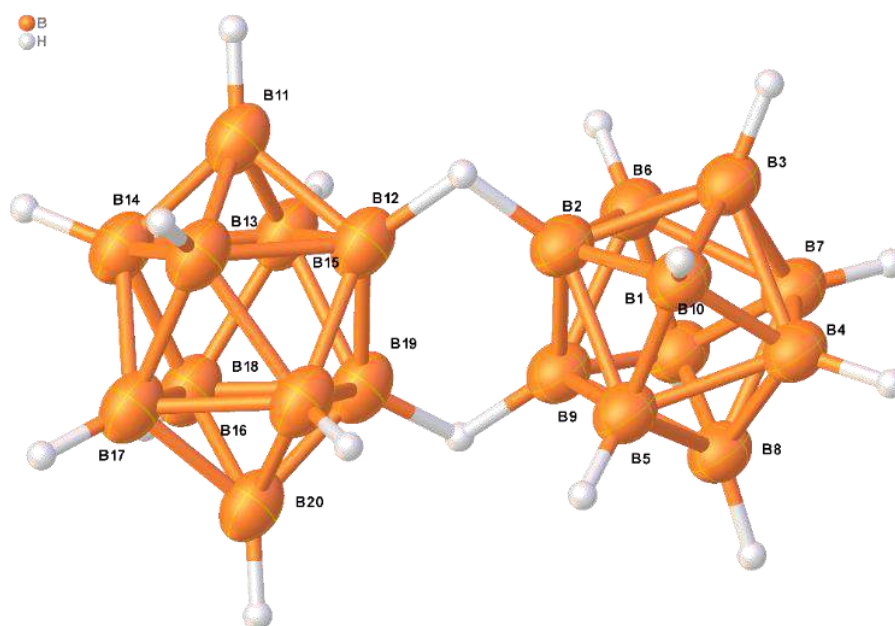
Руководитель работ – академик РАН Кузнецов Н.Т. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикация:

Tikhonova T.A., Avdeeva V.V., Kubasov A.S., Buzanov G.A., Goeva L.V., Kozerozhets I.V., Garaev T.M., Malinina E.A., Kuznetsov N.T. First heteroleptic silver(I) complexes with boron cluster anions $[\text{B}_n\text{H}_n]^{2-}$ ($n = 10, 12$) and azaheterocarboxylate anion // *Inorganic Chemistry Communication*. – 2025. – V. 115034. DOI: 10.1016/j.inoche.2025.115034

1.11. Новая изомерная формы макроциклического бороводородного аниона $[\text{B}_{20}\text{H}_{18}]^{2-}$

Методами ^{11}B и $^{11}\text{B}\{^1\text{H}\}$ COSY ЯМР-спектроскопии и квантово-химического моделирования обнаружен и исследован новый терминальный продукт классической перегруппировки Хоторна – изомер, названный $[\text{cross-B}_{20}\text{H}_{18}]^{2-}$. Данный анион образующийся из промежуточного *iso*-изомера в растворе ацетонитрила спонтанно в течение нескольких недель. Его структура подтверждена расчётами DFT и методом РСА монокристалла. Установлено, что новая *cross*-форма термодинамически стабильна.



Структура аниона $[cross-B_{20}H_{18}]^{2-}$ в соединении $(Ph_4P)_2[cross-B_{20}H_{18}] \cdot 3CH_3CN$ согласно данным РСА.

Руководитель работ – академик РАН Кузнецов Н.Т. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

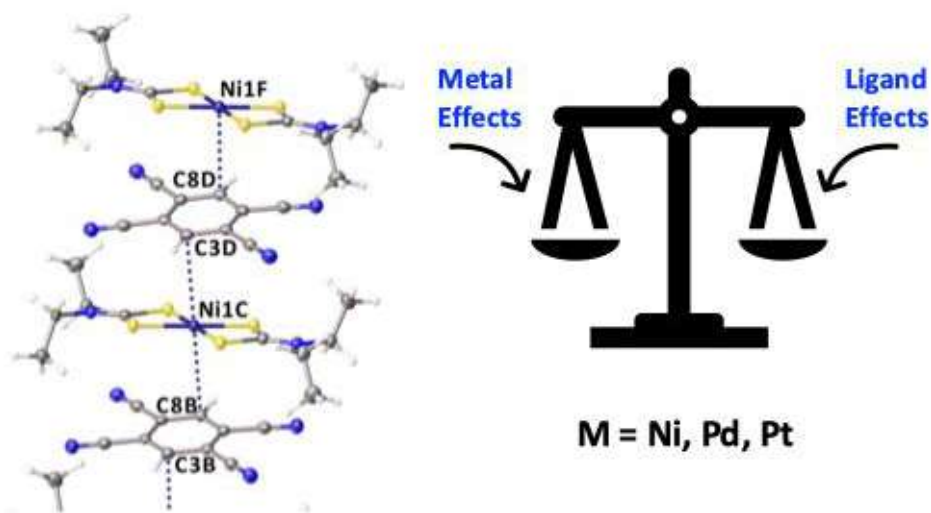
Публикация:

Shamsiev R.S., Avdeeva V.V., Kubasov A.S., Matveev E.Yu., Eshtukova-Shcheglova E.A., Golubev A.V., Privalov V.I., Malinina E.A., Zhizhin K.Yu., Kuznetsov N.T. New Isomeric Form of the *iso*-Octadecahydroeicosaborate Anion: ^{11}B NMR Spectra, DFT calculations, and single-crystal X-ray diffraction data for $cross-[B_{20}H_{18}]^{2-}$ // *Inorganic Chemistry Communication*. – 2025. – V. 173. –a.n. 113911. DOI: 10.1016/j.inoche.2025.113911

1.12. Сера-опосредованный самокомпенсирующий механизм, маскирующий электронные различия между металлами 10-й группы в супрамолекулярных стековых сборках.

Впервые продемонстрирован сера-опосредованный самокомпенсирующий механизм, который маскирует электронные различия между металлами 10-й группы в супрамолекулярных стековых сборках. Систематическое

исследование кокристаллов дитиокарбаматов металлов $[M(S_2CNR_2)_2]$ ($M = Ni, Pd, Pt$) с 1,2,4,5-тетрацианобенzenом выявило явление структурной устойчивости — идентичные параллельно-смещенные супрамолекулярные архитектуры сохраняются во всей триаде Ni–Pd–Pt, несмотря на фундаментальные различия в нуклеофильности d_z^2 -орбитали, которые в соответствии с устоявшимися представлениями должны приводить к формированию различных структур. Комплексный квантово-химический анализ (QTAIM, IGM, ETS-NOCV, декомпозиция энергии) показал, что атомы серы из дитиокарбаматных лигандов активно нейтрализуют присущие металл-специфичные свойства, создавая электронно-эквивалентные строительные блоки $\{MS_4\}$ с согласованными энергиями взаимодействия (-40.6 – 42.8 ккал моль $^{-1}$) и вкладами металлоцентров (13.9–15.9%).



Ключевая новизна работы заключается в установлении нового принципа дизайна супрамолекулярных систем — лиганд-опосредованного маскирования идентичности металла, который обеспечивает переход от традиционной металл-направленной к лиганд-контролируемой супрамолекулярной сборке и открывает возможности для создания структурно предсказуемых металл-содержащих материалов независимо от природы металлического центра, что фундаментально меняет устоявшуюся

металл-центрическую парадигму в кристаллохимическом дизайне координационных соединений.

Руководитель работ – академик РАН Кукушкин В.Ю. (Санкт-Петербургский государственный университет)

Публикация:

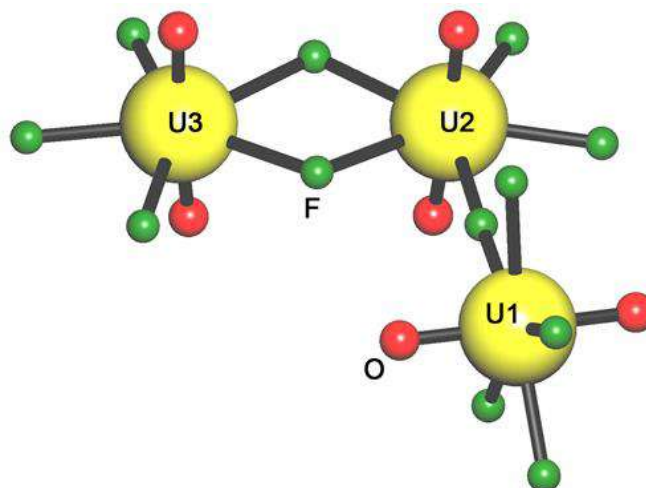
Zelenkov L.E., Baykov S.V., Kuznetsov M.L., Sadykov E.Kh., Nikulshin P.V., Ignatov E.V., Kukushkin V.Yu., Bokach N.A. Structural resilience in organic–inorganic stacked assemblies: sulfur-mediated self-compensating interaction and metal identity masking in Group 10 dithiocarbamate cocrystals with tetracyanobenzene // *Inorganic Chemistry Frontiers*. – 2025. – V. 12. DOI: 10.1039/D5QI01980J

1.13. Кристаллические структуры нецентросимметричных фтороуранилатов $\text{Na}_3[\text{UO}_2\text{F}_5]$ и $\text{CaRb}_4[\text{UO}_2\text{F}_4]_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и типы координации адипинат-ионов в структурах комплексов *f*-металлов

Расшифрованные кристаллические структуры $\text{Na}_3[\text{UO}_2\text{F}_5]$ и $\text{CaRb}_4[\text{UO}_2\text{F}_4]_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ построены из пентагональных бипирамид $[\text{UO}_2\text{F}_5]^{3-}$, которые изолированы друг от друга в Na-содержащем соединении и связаны мостиковыми атомами фтора в трехъядерные комплексы $[(\text{UO}_2)_3\text{F}_{12}]^{6-}$ в Ca- и Rb-содержащем соединении. Хотя ди-, тетра- и пентаъядерные комплексы среди фторидов и оксофторидов уранила наблюдались и ранее, такая частица $[(\text{UO}_2)_3\text{F}_{12}]^{6-}$ является первым примером трехъядерного комплекса (рис.). Теоретические расчеты позволили оценить нелинейную оптическую активность исследуемых соединений, в частности, установить, что их способность генерировать вторую оптическую гармонику должна находиться на уровне 13–15 единиц относительно SiO_2 . Соединение $\text{Na}_3[\text{UO}_2\text{F}_5]$ известно

уже более полувека, однако его кристаллическая структура была определена нами впервые.

Установлено, что 139 кристаллографически неэквивалентных адипинат-иона в структурах комплексов *f*-металлов проявляют 8 различных типов координации, реализуя при этом шесть различных конформаций.



Трёхъядерная анионная комплексная частица $[(\text{UO}_2)_3\text{F}_{12}]^{6-}$ в структуре соединения $\text{CaRb}_4[\text{UO}_2\text{F}_4]_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Руководитель работ – д.х.н., профессор Сerezькин В.Н. (Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева)

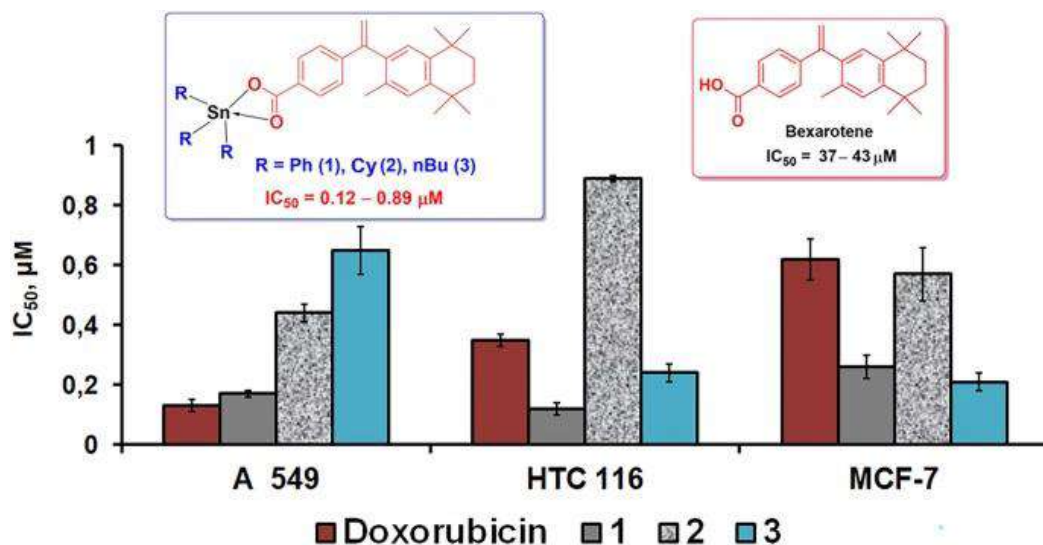
Публикации:

Serezhkin V.N., Grigoriev M.S., Sukacheva M.V., Savchenkov A.V., Serezhkina L.B. Crystal Structures of Non-Centrosymmetric Fluorouranylates $\text{Na}_3[\text{UO}_2\text{F}_5]$ and $\text{CaRb}_4[\text{UO}_2\text{F}_4]_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ // *Radiochimica Acta*. – 2025. – V. 113. – № 12. – P. 963-968. DOI: 10.1515/ract-2025-0050

Serezhkin V.N., Kondrashkin S.V., Gnedov A.A., Pushkin D.V., Serezhkina L.B. Conformations and Coordination Types of Adipate Ions in the Structures of *f*-Metal Complexes // *Radiochemistry*. – 2025. – V. 67. – № 4. – P. 453-459. DOI: 10.1134/S1066362225040058

1.14. Получение новых комплексов олова(IV) с фармакологически активными рексиноидными лигандами – перспективными противоопухолевыми агентами

Впервые в Платиновом центре ИОНХ РАН синтезированы новые моно- и бис-карбоксилатные комплексы олова(IV) на основе противоопухолевого препарата Бексаротена. Наиболее значимым результатом является установленная высокая цитотоксичность триорганилпроизводных олова(IV), в отношении раковых клеточных линий A549, НСТ 116 и MCF-7, превосходящая как исходный Бексаротен, так и цисплатин, и сравнимая с доксорубицином. Работа впервые демонстрирует перспективность использования Бексаротена в качестве лиганда для создания высокоактивных оловосодержащих противоопухолевых средств, открывая новые направления в дизайне терапевтических агентов на основе рексиноидов.



Величина показателя цитотоксичности монокарбоксилатных комплексов олова(IV) на клеточных линиях A549, НСТ 116 и MCF-7.

Руководитель работ – д.х.н. Смолянинов И.В. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикация:

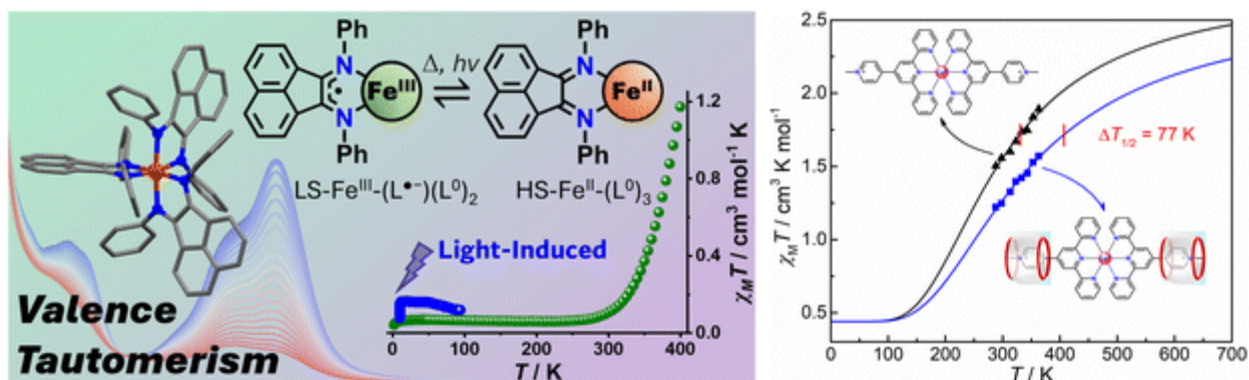
Burmistrova D.A., Pomortseva N.P., Berberova N.T., Almyasheva N.R., Kiskin M.A., Poddel'sky A.I., Vashurin A.S., Smolyaninov I.V. Organotin(IV) carboxylates – derivatives of bexarotene: synthesis, characterization, anti/prooxidant activity, and high cytotoxicity // Journal of Biological Inorganic Chemistry. – 2025. – V. 30. – P. 411-424. DOI: 10.1007/s00775-025-02117-w

1.15. Модуляция спинового состояния в хелатных комплексах переходных металлов с N-донорными лигандами

При помощи систематического квантово-химического моделирования семейства комплексов $[M(\text{Ph-BIAN})_3]^{2+}$ ($M = \text{Co}, \text{Mn}, \text{Fe}$), где Ph-BIAN – бис((фенил)имино)аценафтен, выявлено новое соединение железа с переключаемыми магнитными свойствами. Выполненные экспериментальные исследования (синтез, рентгеноструктурный анализ, спектроскопические, электрохимические и магнитные измерения) подтверждают выводы, сделанные на основании квантово-химических расчетов: соединение $[\text{Fe}(\text{Ph-BIAN})_3](\text{BPh}_4)_2$ претерпевает термически инициированную валентную таутомерию (ВТ); твердотельные фотомагнитные измерения показывают, что данное ВТ взаимопревращение также индуцируется светом. Изучение таких электронно- и спиново-лабильных систем открывает новые пути модуляции спиновых переходов.

Продемонстрировано успешное управление магнитным поведением моноядерного терпиридинового комплекса Co(II) посредством взаимодействия «хозяин–гость» с кукурбитурилом СВ[7]: связывание СВ[7] стабилизирует низкоспиновое состояние и повышает температуру спинового перехода. Эта работа подчеркивает динамическую и обратимую природу управления спинового состояния и показывает, что химия «хозяин–гость» может служить модулятором вторичной координационной сферы, предоставляя многообещающую стратегию для разработки магнитно-бистабильных соединений, способных к супрамолекулярной самосборке в

сложные упорядоченные молекулярные устройства с индивидуальными функциональными возможностями.



Магнитная бистабильность в комплексах железа (слева) и кобальта (справа).

Руководитель работ – д.х.н. Старикова А.А. (Научно-исследовательский институт физической и органической химии Южного федерального университета)

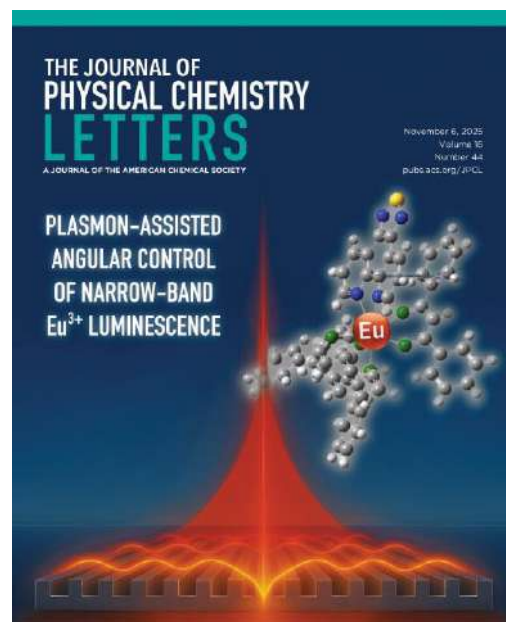
Публикации:

Janetzki J.T., Brown D.S., Daumann F., Haseena Ismail I., Gable R.W., Hay M.A., Mulder R.J., Starikova A.A., Weber B., Giansiracusa M.J., Boskovic C. Thermal- and Light-Induced Valence Tautomerism with a Concerted Spin Transition in an Iron Tris(diimine) Complex // *Chemical Science*. – 2025. – V. 16. – P. 5857–5871. DOI: 10.1039/D4SC07798A

Lu K., Chen Y.-X., Hu J.-Sh., Liu Zh.-K., Shi X.-Li, Yu M., Starikova A.A., Tao J. Spin-State Modulation by Host–Guest Chemistry with Cucurbiturils // *Chemical Communications*. – 2025. – V. 61. – P. 7137-7140. DOI: 10.1039/D5CC00979K

1.16. Новые подходы к созданию высокоэффективных OLED на основе комплексов лантанидов

Выполнен комплекс исследований, направленных на дизайн комплексов европия и иттербия для повышения эффективности узкополосных OLED-устройств. Направленным синтезом получены новые комплексы Eu, продемонстрировавшие EQE_{max} в OLED до 6.7%. Показано, что плазмонные резонансы в алюминиевых решётках и золотых наностержнях позволяют существенно усиливать фото- и электролюминесценцию, сокращать время жизни и направлять излучение комплексов. Создан двухэмиссионный Eu/Yb-OLED, впервые применённый в прототипе оксиметра, обеспечившем точное измерение SpO_2 и ЧСС. Результаты создают основу для дальнейшего развития высокоэффективных лантанидных OLED.



Руководитель работ – д.х.н. профессор Уточникова В.В. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет)

Публикации:

Gladkikh A.Yu., Sandzhieva M.A., Mahmoodpoor A., Peltek O., Makarov S.V., Utochnikova V.V. Electroluminescence Enhancement with Gold Nanorods in Eu-Based Emission Organic Layer // *Advanced Optical Materials*. – 2025. – V. 13. – a.n. e00702. DOI: 10.1002/adom.202500702

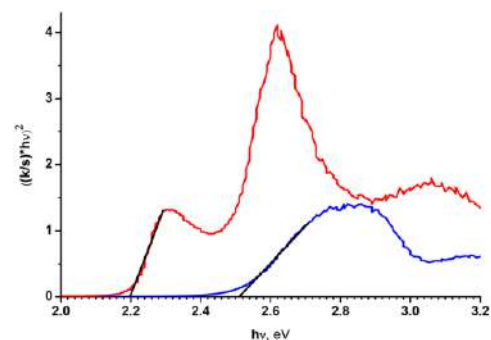
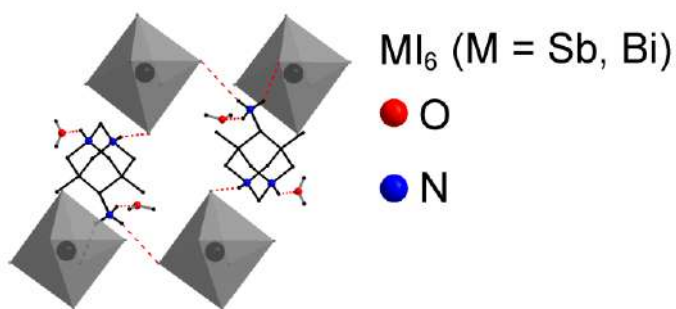
Frolov A.Yu., Gladkikh A.Yu., Belov M.P., Popov V.V., Utochnikova V.V., Fedyanin A.A. Plasmonic Enhancement and Angular Control of Narrow-Emitting

Europium-Based Luminescence // Journal of Physical Chemistry Letters. – 2025. – V. 16. – P. 11590–11596. DOI: 10.1021/acs.jpcclett.5c02045

Kornikov A.I., Kozlov M.I., Vashchenko A.A., Poyarkov A.A., Goloveshkin A.S., Latipov E.V., Lepnev L.S., Utochnikova V.V. A Dual-Emissive Lanthanide Organic light-emitting diode for Single-Pixel Pulse Oximetry: From Molecular Design to Device-Level Integration // ChemMedChem. – 2025. – V. 20(22). – a.n. e202500465. DOI: 10.1002/cmdc.202500465

1.17. Новый супрамолекулярный тектон для сборки гибридных галогенметаллатов

Разработан и синтезирован новый трехзарядный катионный органический супрамолекулярный тектон. В отличие от известных моно- и дикатионных соединений, эта новая молекула, являясь “трехсторонним соединителем”, позволяет собирать бесконечные супрамолекулярные слои и сетки при взаимодействии с соответствующими неорганическими комплексными анионами. В данной работе трипротонированный 6-амино-5,7-диметил-1,3-диазаадамantan, содержащий два вторичных и один первичный атомы азота, использован в качестве темплата для образования гибридных соединений с иодометаллат-анионами, образуя одновременно пять водородных связей. Показано, что объемный катион работает одновременно как сепаратор и линкер, так что положение неорганических $[MI_6]_3^-$ анионов ($M = Sb$ или Bi) в кристаллических структурах определяется пятью водородными связями, но неорганические анионы удалены друг от друга на значительное расстояние, поэтому гибридные соединения проявляют оптические свойства, обусловленные ненарушенной электронной структурой отдельных неорганических анионов.



Связывание неорганических октаэдрических анионов органическим тектоном (слева) и график Кубелки-Мюнка для определения ширины запрещенной зоны (справа).

Руководители работ – член-корреспондент РАН Шевельков А.В. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет) и д.х.н., профессор РАН Вацадзе С.З. (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН)

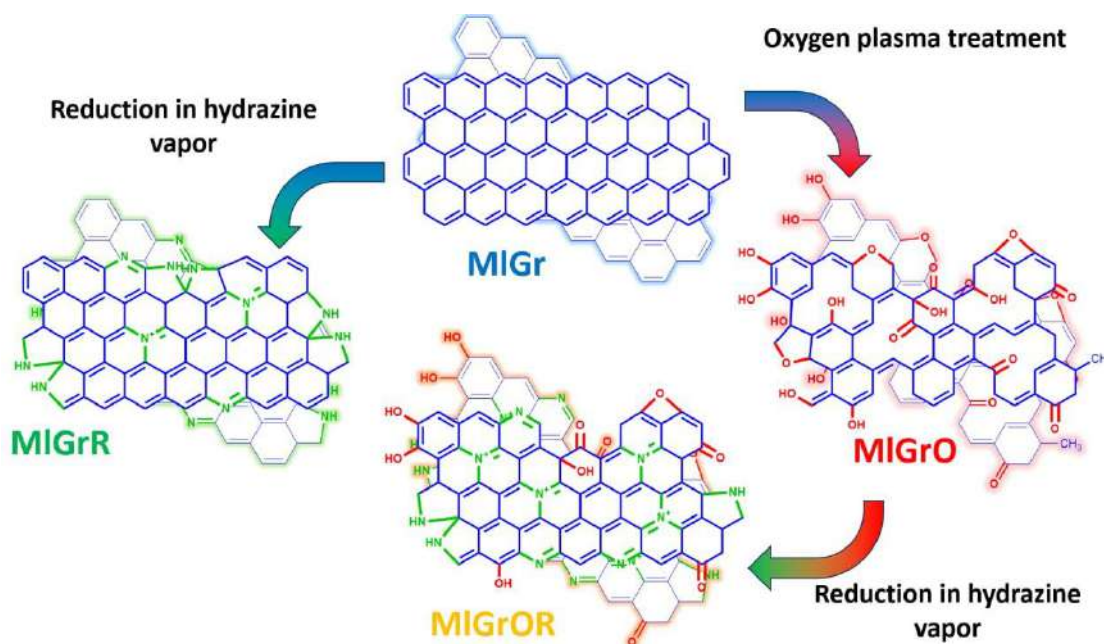
Публикация:

Shestimerova T.A., Medved'ko A.V., Bykov M.A., Kalinin M.A., Metlin M.T., Taidakov I.V., Gontcharenko V.E., Wei Z., Dikarev E.V., Vatsadze S.Z., Grigorieva A.V., Shevelkov A.V. A new supramolecular tecton: the crucial impact of the polycation charge and geometry of H-bonds on the structure and properties of halometallates in the solid state // Dalton Transactions. – 2025. – V. 54. – P. 6983-6992. DOI: 10.1039/d5dt00318k

II. ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

2.1. Легирование азотом многослойного скрученного графена для контроля электронных свойств

Скрученные многослойные графеновые пленки были синтезированы методом химического осаждения из газовой фазы. Для легирования азотом пленки предварительно были обработаны в кислородной плазме и восстановлены гидразином в паровой фазе для замещения внедренных кислородных групп на азотные. Часть пленок была обработана гидразином без предварительного окисления. Процессы окисления, восстановления и нитридации графена были охарактеризованы с помощью сканирующей электронной микроскопии и рамановской спектроскопии. С помощью РФЭС было установлено, что предварительное окисление пленки перед нитридацией позволяет увеличить количество графитизированного азота, являющегося сильной донорной примесью, в 1,5 раза. Это приводит к снижению концентрации положительно заряженных носителей заряда более чем в два раза и увеличению сопротивления пленки более чем в три раза.



Разные способы введения азота в мультислойный скрученный графен восстановлением в парах гидразина через окисление в кислородной плазме (справа) и без окисления (слева).

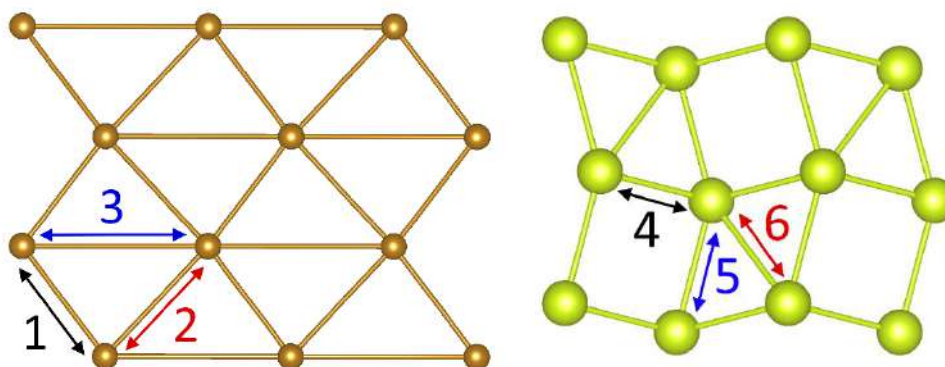
Руководитель работ – к.х.н. Баранов А.Н. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)

Публикация:

Mitiushev N.D., Kononenko O.V., Zotov A.V., Firsov A.A., Kabachkov E.N., Matveev V.N., Baranov A.N. Hydrazine nitridation of oxidized or non-oxidized twisted multilayer graphene // *Diamond and Related Materials*. – 2025. – a.n. 112881, DOI: 10.1016/j.diamond.2025.112881

2.2. Селенит-галогениды – вещества с перспективными низкоразмерными магнитными свойствами

В ходе работы были успешно синтезированы селенит-галогениды состава $Ln_2Fe(SeO_3)_4X$ для $X = Cl$, $Ln = La, Ce, Pr$ и Nd . Показано, что аналогичный по составу бромид образуется только в случае лантана. Также синтезирован селенит-хлорид $Sr_2Mn(SeO_3)_2Cl_2$. Новые соединения $Ln_2Fe(SeO_3)_4X$ изоструктурны. Особенностью структур является то, что ионы лантаноидов образуют в них искаженную сетку типа Шастри-Сазерленда, а катионы Fe^{3+} находятся в слоях, формируемых цепями из полиэдров FeO_4X связываемых через селенитные группы в цепочки. В кристаллической структуре $Sr_2Mn(SeO_3)_2Cl_2$ катионы марганца образуют квазоодномерную магнитную подсистему. Экспериментальные измерения и расчеты из первых принципов показывают, что все соединения обладают собственными магнитными свойствами, в зависимости от входящих в состав элементов, что открывает возможность направленно менять свойства, варьируя состав.



Схематическое изображение сетки из Fe^{3+} ионов слева и сетки-Шафтри Сазерленда из ионов Ln^{3+} справа в структурах $\text{Ln}_2\text{Fe}(\text{SeO}_3)_4\text{X}$.

Руководитель работ – к.х.н. Бердоносков П.С. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет)

Публикации:

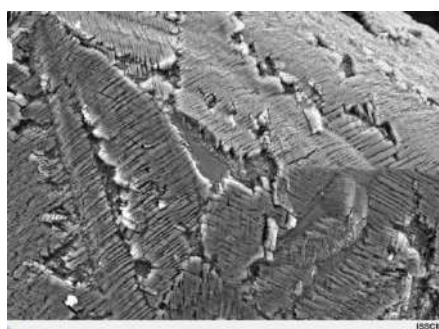
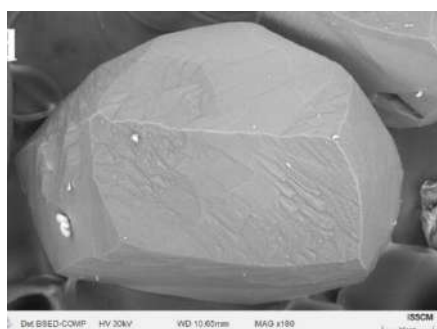
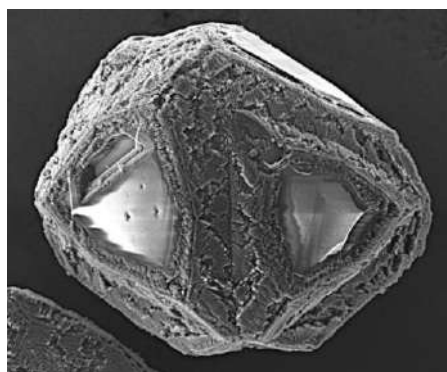
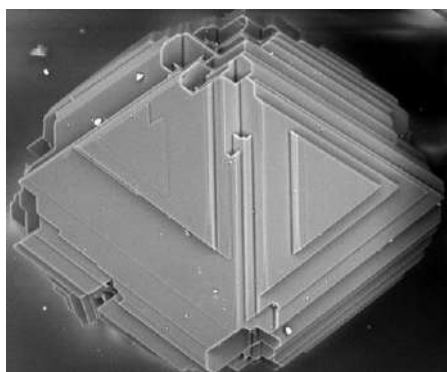
Moskin A.V., Belareva M.A., Murtazoev A.F., Lyssenko K.A., Tafeenko V.A., Berdonosov P.S., Iqbal A., Rahaman B., Saha-Dasgupta T., Vasiliev A.N. Synthesis and thermodynamic properties of layered selenites-halides $\text{Ln}_2\text{Fe}(\text{SeO}_3)_4\text{X}$ ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Ce}, \text{Pr}$; $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$) // Journal of Alloys and Compounds. – 2025. – V. 1020 – a. no 179396. DOI: 10.1016/j.jallcom.2025.179396

Astakhov N.V., Kuznetsov A.N., Berdonosov P.S., Moskin A.V., Kozlyakova E.S., Vasiliev A.N. Strontium manganese selenite chloride $\text{Sr}_2\text{Mn}(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$: synthesis, crystal structure, optics, thermodynamics and first principles calculations // Journal of Solid State Chemistry. – 2025 – V. 350 – a.n. 125475. DOI:10.1016/j.jssc.2025.125475

2.3. Изменения структурно-морфологических характеристик микрокристаллов алмаза в процессе модификации их поверхности

Изучено изменение морфологии плоскогранных и кривогранных микрокристаллов алмаза в процессе вакуумного отжига при 1800 °С. Показано, что образование графита при отжиге плоскогранных кристаллов алмаза начинается на их ребрах и происходит упорядоченно: параллельно

отдельным граням алмаза или под определенным углом к ним. В отличие от плоскогранных кристаллов, образование графита при отжиге кривогранных кристаллов природного алмаза начинается одновременно по всей поверхности. Во всех случаях образующийся графит имеет ориентационное соответствие с кристаллом алмаза. Полученные нанослои графита на поверхности алмаза могут обладать необычными физико-химическими свойствами (структурой, электронными свойствами, каталитической активностью и т.д.). Методом электроискрового спекания получены композитные материалы, состоящего из металлической основы и внедренных частиц алмаза. Разработан метод нанесения графеновых покрытий на поверхности алмаза. Такие гибридные материалы демонстрируют высокую прочность и электрическую проводимость.



Электронные микрофотографии монокристалла исходного плоскогранного алмаза (вверху, слева) и аналогичного кристалла после вакуумного отжига при 1800 °С (вверху, справа) и кривогранных микрокристаллов природного алмаза до и после графитизации (внизу).

Руководитель работ – д.х.н. Бохонов Б.Б. (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН)

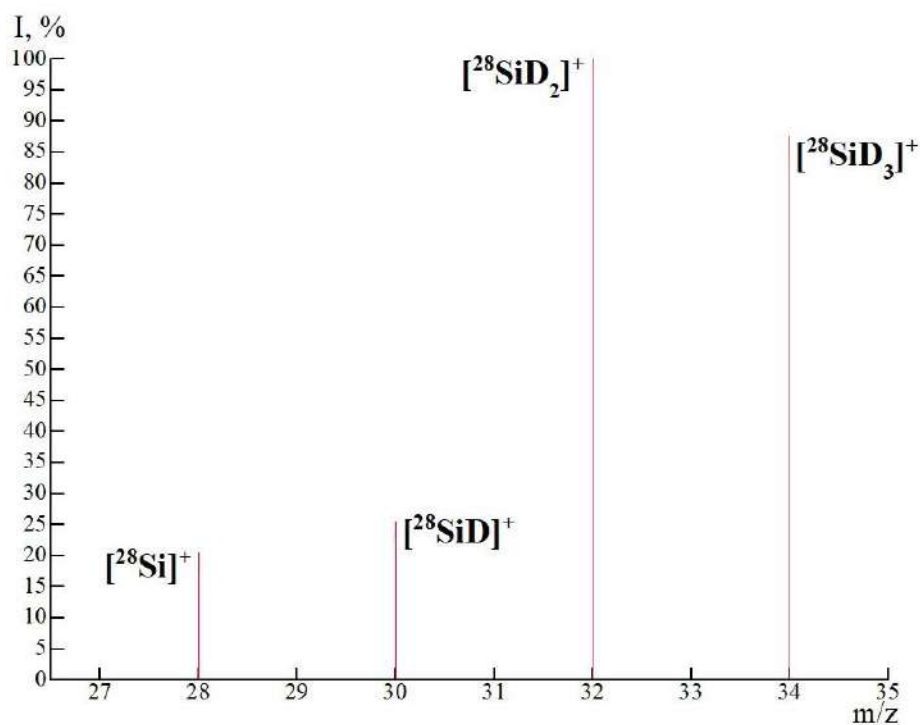
Публикация:

Bokhonov B.B., Batraev I.S., Dudina D.V., Sharafutdinov M.R. Graphitization of natural diamond crystals: a morphological study // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2025. – V.133. – a.n. 107346. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2025.107346

2.4. Методика получения дейтерированного моносилана $^{28}\text{SiD}_4$ из тетрафторида кремния-28

Разработана методика получения дейтерида кремния-28 $^{28}\text{SiD}_4$ из $^{28}\text{SiF}_4$ и CaD_2 в режиме фильтрационного горения с практическим выходом $^{28}\text{SiD}_4$ 97 %. Охарактеризован изотопный состав кремния и примесный состав образца: содержание изотопа ^{28}Si в составе кремния в $^{28}\text{SiD}_4$ равно 99.99681 ± 0.00015 ат. %; основной вклад в примесный состав $^{28}\text{SiD}_4$ вносят примеси углеводородов, полисиланов и силоксанов, содержание которых по данным хромато-масс-спектрометрии находится на уровне $n \cdot (10^{-4} - 10^{-1})$ мол. %. В зарегистрированном масс-спектре $^{28}\text{SiD}_4$ присутствуют только пики ионов $^{28}\text{Si}^+$, $^{28}\text{SiD}^+$, $^{28}\text{SiD}_2^+$, $^{28}\text{SiD}_3^+$.

Методом ИК Фурье-спектроскопии высокого разрешения зарегистрированы спектры поглощения $^{28}\text{SiD}_4$. В спектрах присутствуют полосы поглощения примесей H_2O , SiF_4 , CF_4 , SiHD_3 , дисилоксана $\text{Si}_2\text{D}_6\text{O}$.



Масс-спектр изотопно-обогащенного $^{28}\text{SiD}_4$.

Руководитель работ – член-корреспондент РАН Буланов А.Д. (Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых РАН)

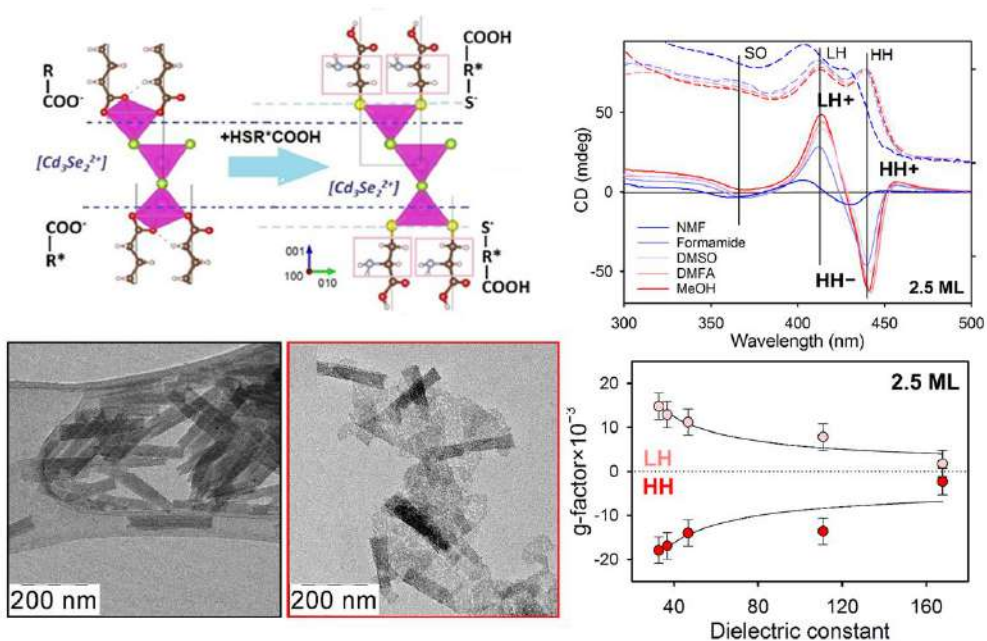
Публикация:

Лашков А.Ю., Буланов А.Д., Трошин О.Ю., Кошкин В.А., Созин А.Ю., Вельмузова И.А. Получение изотопно обогащенного дейтеросилана $^{28}\text{SiD}_4$. Изотопный эффект в процессе синтеза обогащенного $^{28}\text{SiH}_4$ // *Высокочистые вещества. Получение, анализ, применение: XVIII Всероссийская конференция. 8–10 сентября. – Нижний Новгород. – 2025. – Тезисы докладов. – С. 23.*

2.5. Новый эффект диэлектрического экранирования в круговом дихроизме для хиральных атомарно тонких 2D наноструктур CdSe

Развиты подходы к синтезу хиральных атомарно тонких 2D наноструктур CdSe с максимальным для полупроводниковых наночастиц фактором диссиметрии при поглощении право- и лево-поляризованных фотонов. Для данных объектов обнаружен новый эффект диэлектрического экранирования

в хироптических свойствах. Наблюдается синий спектральный сдвиг экситонов в атомарно тонких 2D наноструктур CdSe с увеличением диэлектрической проницаемости растворителя при формировании стабильных коллоидов. Фактор диссимметрии хиральных 2D наноструктур CdSe увеличивается при уменьшении диэлектрической проницаемости растворителей. Наибольший фактор диссимметрии, равный $2 \cdot 10^{-2}$, обнаружен для предельно тонких наноструктур толщиной 2 монослоя. Данный эффект обусловлен влиянием диэлектрического экранирования на потенциал взаимодействия диполей в хиральных димерах, ответственных за индуцирование хиральности при присоединении энантиомерных лигандов и может найти применение для управления дихроичным поглощением в фотонике.



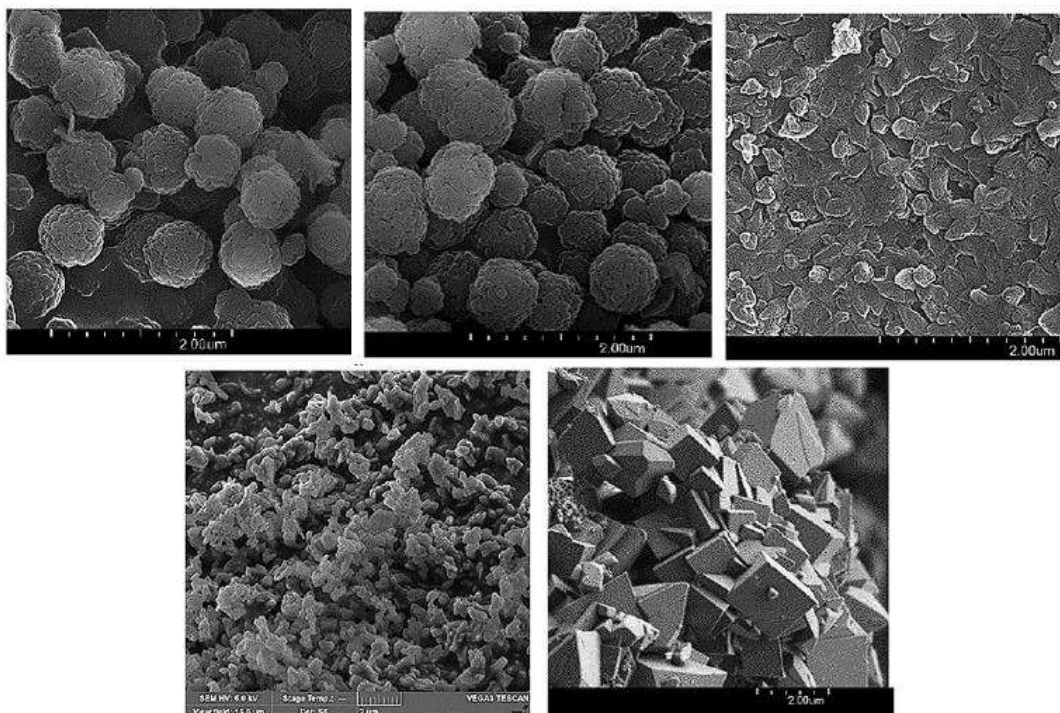
Руководитель работ – д.х.н., проф. Васильев Р.Б. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет и Факультет наук о материалах)

Публикация:

Kurtina D.A., Long H., Chang S., Vasiliev R.B. Solvent effect on chiroptical properties of chiral atomically thin CdSe nanoplatelets capped with enantiomeric

2.6. Пористые каркасных структуры для эффективной сорбции ионов металлов

Методами прямого смешения и сольвотермическим методом получены металлоорганические каркасные структуры на основе соединений кобальта. Материалы материалы обладают высококристаллической структурой, развитой удельной поверхностью (до 1158 м²/г) и контролируемой морфологией частиц, что определяет их перспективность в качестве эффективных сорбентов. Экспериментально показана высокая сорбционная эффективность данных материалов по отношению к ионам редкоземельных металлов (Nd³⁺ и Er³⁺) в водных растворах. Установлено, что процесс сорбции хорошо описывается моделью объемного заполнения пор, что подтверждает цеолитоподобную структуру материалов и их высокую емкость по отношению к гидратированным катионам. Результаты работы подтверждают принципиальную возможность применения синтезированных MOF-материалов для извлечения редкоземельных ионов из водных сред.



СЭМ Co-MOF, полученных разными методами и при варьировании соотношения металл : лиганд.

Руководитель работ – д.х.н., профессор Вашурин А.С. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикации:

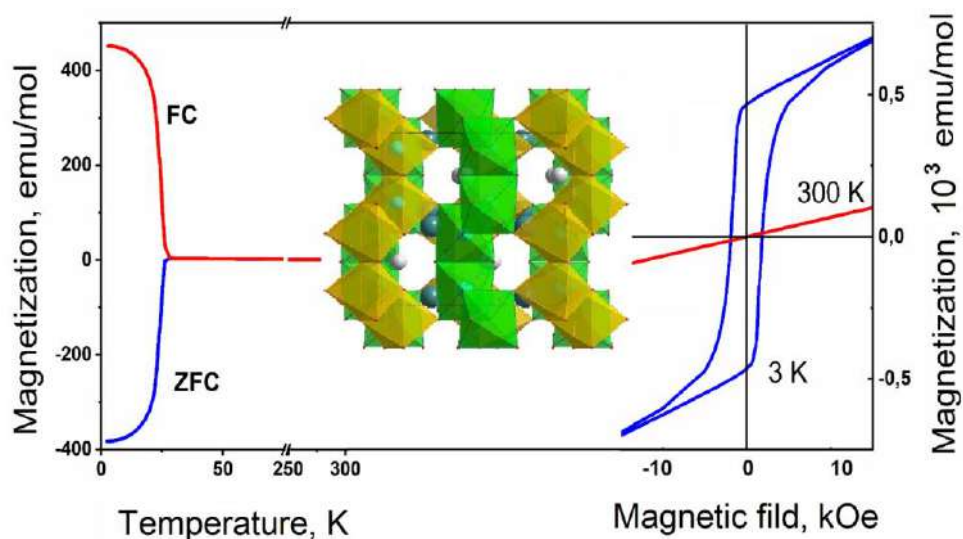
Karaseva A.A., Diallo A., Filippov D.V., Vashurin A.S. Synthesis and morphological features of materials based on iron (III) and cobalt (II) compounds. ChemChemTech. – 2025. – V. 68. – P. 77-84. DOI: 10.6060/vkkt.20256801.7101

Вашурин А.С. Синтез функциональных материалов на основе соединений кобальта для сорбции Nd^{3+} и Er^{3+} из водных растворов // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2025. – Т.16. – С. 22-26.

2.7. $\text{LaNi}_2\text{SbO}_6$ И $\text{LaCo}_2\text{SbO}_6$ – соединения нового структурного типа с необычными магнитными свойствами

Получены новые соединения – $\text{LaNi}_2\text{SbO}_6$ и $\text{LaCo}_2\text{SbO}_6$ – и определена их структура. Кристаллическая решетка LaM_2SbO_6 ($\text{M} = \text{Ni}, \text{Co}$), относится к

новому структурному типу, представляющему собой дефектную сверхструктуру CaFe_2O_4 , пр. гр. *Pnma* (# 62), упорядоченную как по $\text{M}^{2+} / \text{Sb}^{5+}$ -катионам, так и по вакансиям в позициях La^{3+} . Каркас структуры образован зигзагообразными цепочками $[\text{MO}_4]_\infty$, состоящими из связанных по ребру октаэдров. Это позволяет рассматривать LaM_2SbO_6 как частный случай магнетиков со структурой «пчелиных сот», для которых характерны неклассические квантовые кооперативные эффекты. Установлено, что магнитные свойства этих соединений определяются конкурирующими магнитными взаимодействиями внутри и между магнитными подрешетками, образованными $[\text{MO}_4]_\infty$ цепочками. $\text{LaNi}_2\text{SbO}_6$ демонстрирует антиферромагнитный переход и перемагничивание при $T_N = 25$ К; для $\text{LaCo}_2\text{SbO}_6$ в слабом магнитном поле обнаружены два последовательных магнитных перехода при $T_N = 9.3$ К и $T_{\text{tr}} = 16$ К. Для обоих соединений при низких магнитных полях и температурах $T < T_N$ наблюдается магнитное поведение, характерное для скошенных антиферромагнетиков. Ступенчатый гистерезис на полевой зависимости намагниченности $\text{LaCo}_2\text{SbO}_6$ при $H = 15$ кЭ является характерной особенностью метамагнетиков.



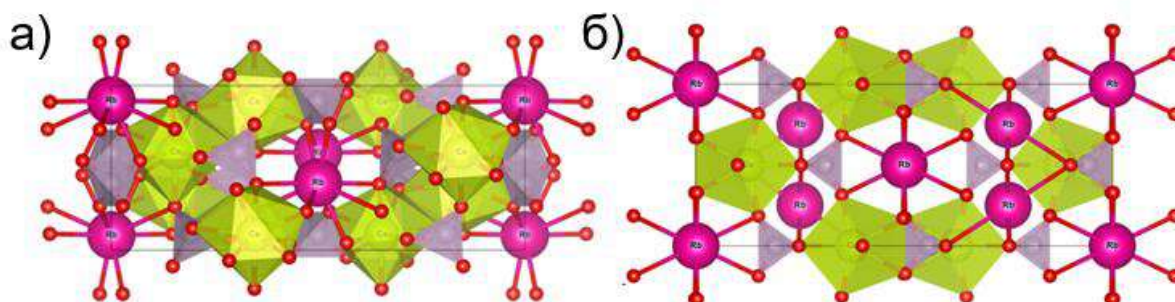
Руководитель работ – д.х.н. Егорышева А.В. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикация:

Egorysheva A.V., Ellert O.G., Golodukhina S.V., Razvorotneva L.S., Bezzubov S.I., Kirdyankin D.I. Magnetic properties of $\text{La}_2\text{M}_4\text{Sb}_2\text{O}_{12}$, $\text{M} = \text{Ni}, \text{Co}$ with CaFe_2O_4 -type superstructure // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2025. – V. 623. – a.n.173020. DOI: 10.1016/j.jmmm.2025.173020

2.8. Новые двойные ортофосфаты церия(IV) и щелочных металлов

Предложен способ получения новых двойных ортофосфатов церия(IV)-рубидия – $\text{RbCe}_2(\text{PO}_4)_3$ и $\text{Rb}_2\text{Ce}(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ – в гидротермальных условиях. Продемонстрирована изоструктурность синтезированных соединений ранее описанным двойным ортофосфатам церия(IV)-аммония и калия, а также соответствующим двойным ортофосфатам актининов(IV) и щелочных металлов. Показано, что полученные соединения являются относительно устойчивыми к нагреву до температур около 500°C , а при более высоких температурах разлагаются с образованием CePO_4 и RbPO_3 или $\text{Rb}_4\text{P}_2\text{O}_7$, соответственно. Открытие новых кристаллических ортофосфатов церия(IV) позволяет систематизировать структурные данные о двойных ортофосфатах четырехвалентных металлов и расширяет область их практических приложений.



Кристаллическая структура $\text{RbCe}_2(\text{PO}_4)_3$ вдоль оси c (а) и $\text{Rb}_2\text{Ce}(\text{PO}_4)_2$ вдоль оси a (б).

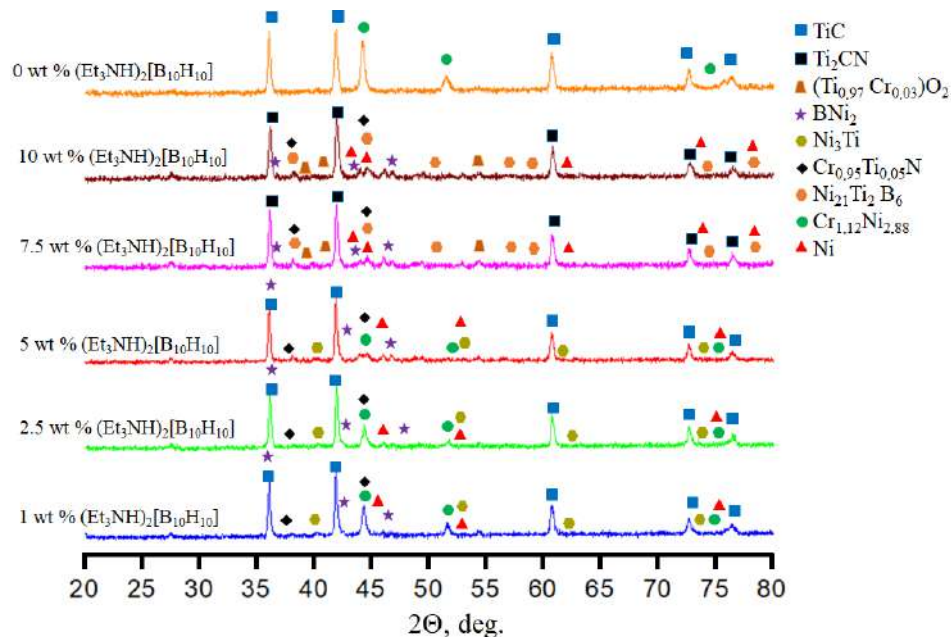
Руководитель работ – академик РАН Иванов В.К. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикация:

Васильева Д.Н., Козлов Д.А., Проценко М.Р., Симоненко Н.П., Козлова Т.О., Иванов В.К. Структура и термическое поведение новых двойных ортофосфатов церия(IV) $\text{RbCe}_2(\text{PO}_4)_3$ и $\text{Rb}_2\text{Ce}(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ // Журнал неорганической химии. – 2025. – Т. 70. – С. 849-857. DOI: 10.31857/S0044457X25070012

2.9. Новый подход к модификации самораспространяющегося синтеза керамики-металлических композитов с использованием декагидро-клозо-декаборатного аниона

Исследовано влияние модификатора — декагидро-клозо-декабората триэтиламмония $(\text{Et}_3\text{NH})_2[\text{B}_{10}\text{H}_{10}]$ — на самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) системы Ti–C–NiCr. Добавка (1–10 мас. %) существенно снижает температуру горения (с 2050 до 630 °С) и вызывает уменьшение размера зерен карбида титана и карбонитрида титана вплоть до 6.8 раз. Синтезированные композиты были охарактеризованы с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энергодисперсионного анализа (ЭДА), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и РФА. Рентгенофазовый анализ показал формирование вторичных фаз (BNi_2 , Ni_3Ti , а при высоких концентрациях — $\text{Ni}_{21}\text{Ti}_2\text{B}_6$ и Ti_2CN). Установлено, что распределение частиц по размерам меняется с тримодального на бимодальное при содержании добавки >1 мас.%. Методами ИК-спектроскопии подтверждено наличие адсорбированной воды на поверхности всех синтезированных материалов.



Данные РФА для новых синтезированных материалов.

Руководитель работ – академик РАН Кузнецов Н.Т. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

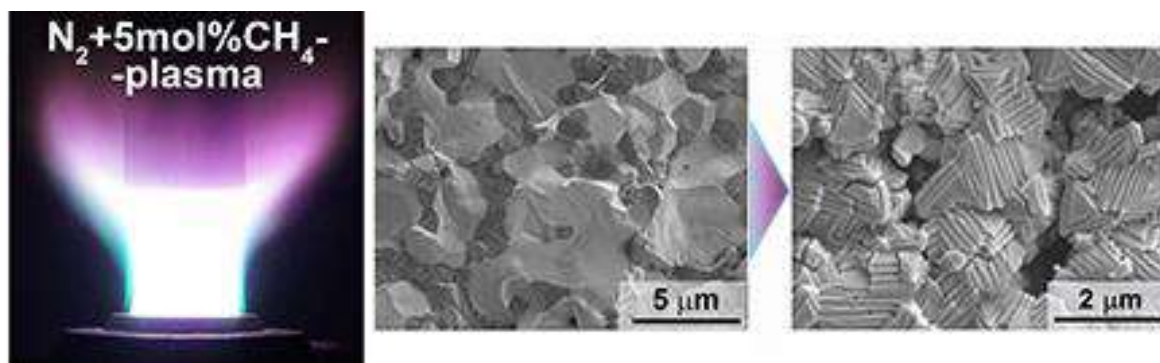
Публикация:

Bazhin P.M., Antipov M.S., Kozerozhets I.V., Nikiforova S.E., Avdeeva V.V., Malinina E.A., Influence of triethylammonium decahydro-*closo*-decaborate on combustion behavior, phase composition, and microstructure of TiC-NiCr composites fabricated via self-propagating high-temperature synthesis // Inorganic Chemistry Communication. – 2025. – V. 180. – a.n. 115030. DOI: 10.1016/j.inoche.2025.115030

2.10. Исследование особенностей деградации ультравысокотемпературной керамики под воздействием высокоскоростных газовых потоков на основе азотной плазмы

Совместно с ИПМех РАН с использованием высокочастотного индукционного плазмотрона изучен процесс деградации ультравысокотемпературной композиционной керамики на основе систем

HfB₂-SiC и ZrB₂-HfB₂-SiC под воздействием дозвуковых газовых потоков на основе диссоциированного азота, имитирующих аэродинамический нагрева острых кромок спускаемого аппарата в атмосфере Титана, спутника Сатурна. Оценено влияние на поведение материала, его химическую и микроструктурную трансформацию введения в поток азотной плазмы 5 мол.% метана. Показано, что в данном случае, как и в случае потока индивидуального азота, с поверхности удаляется карбид кремния, ZrB₂/HfB₂ частично преобразуются в твердый раствор Zr-Hf-B-C-N. Установлено, что за счет наличия в потоке N₂-CH₄-плазмы частицы C₂ происходит науглероживание поверхности, что приводит к значительному изменению микроструктуры и коэффициента излучения, может влиять на каталитические свойства поверхности.



Внешний вид обтекания N₂-плазмой с добавкой 5 мол.% метана водоохлаждаемой модели с закрепленным образцом на основе системы ZrB₂-HfB₂-SiC, а также микроструктура поверхности до и после воздействия.

*Руководители работ – академик Кузнецов Н.Т., д.х.н., профессор РАН
Симоненко Е.П. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С.
Курнакова РАН)*

Публикации:

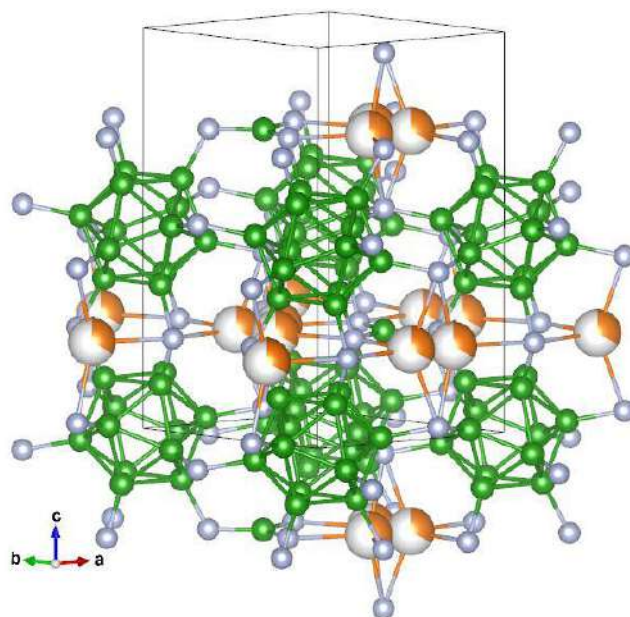
Simonenko E.P., Chaplygin A.V., Simonenko N.P., Lukomskii I.V., Galkin S.S., Lysenkov A.S., Nagornov I.A., Mokrushin A.S., Kolesnikov A.F., Kuznetsov N.T. Surface Transformation of Ultrahigh-Temperature ZrB₂-HfB₂-SiC-C_{CNT}

Ceramics Under Exposure to Subsonic N₂-CH₄ Plasma Flow // Ceramics –2025. – 8. – 67. DOI 10.3390/ceramics8020067

Simonenko E.P., Simonenko N.P., Chaplygin A.V., Lukomskii I.V., Galkin S.S., Lysenkov A.S., Nagornov I.A., Mokrushin A.S., Kolesnikov A.F., Kuznetsov N.T. Surface degradation of ultrahigh-temperature ceramics based on HfB₂-30vol%SiC in subsonic nitrogen plasma flow // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials – 2025. – V. 130. – a.n.107139. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2025.107139

2.11. Теоретическое конструирование возможных для новых высокобористых соединений гексагональных или родственных им кристаллических структур, построенных на основе соединения икосаэдрических борных кластеров в тригонально-призматические группы

Теоретически сконструированы несколько гексагональных или родственных им кристаллических структур, возможных для новых высокобористых соединений, построенных на основе соединения икосаэдрических борных кластеров в тригонально-призматические группы. Например, на рис. показана кристаллическая структура нового субнитридобората магния MgB₁₃N₅. Ячейка показана тонкими линиями, бор показан зеленым, азот серым, магний оранжевым цветом. Магниевые позиции заняты на $\frac{1}{3}$, что показано цветной долей атомной сферы. По рассчитанным порошковым дифрактограммам сравнения можно будет обнаружить даже примесь предсказанных новых веществ в опытных образцах. Общие свойства всех высокобористых соединений следующие: высокая твердость, тугоплавкость и высокая стойкость к нейтронному облучению, важная для космических и ядерных применений.



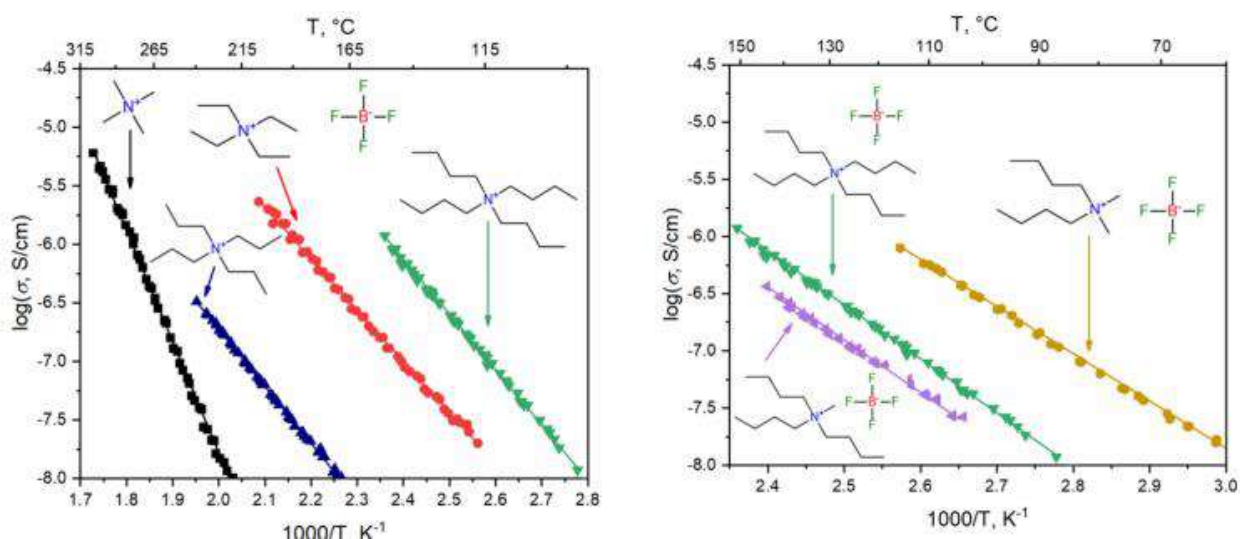
Кристаллическая структура нового субнитридобората магния $MgB_{13}N_5$.

Руководители работ – академик Солнцев К.А. (Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН)

2.12. Термические свойства и ионная проводимость тетрафторборатов замещённого аммония

Изучена взаимосвязь между термическими свойствами, ионной проводимостью, размером и симметрией катионов в двух сериях тетрафторборатов замещённого аммония: $(C_nH_{2n+1})_4NBF_4$ ($n = 1 - 6$) и $(C_4H_9)_{4-y}(CH_3)_yNBF_4$ ($y = 0 - 2$). Показано, что соединения с низкосимметричными катионами с протяженными алкильными цепями (например, $(C_4H_9)_2(CH_3)_2NBF_4$) характеризуются наиболее широким диапазоном существования пластической фазы (19–128 °С). Наиболее высокой ионной проводимостью обладают высокотемпературные фазы солей с асимметричными заместителями ($3,5 \times 10^{-7}$ См/см при 100 °С для соединения $(C_4H_9)_2(CH_3)_2NBF_4$). В соединениях с симметричными катионами проводимость зависит от длины цепи заместителя и достигает максимума $4,0 \times 10^{-8}$ См/см при 100 °С для $(C_4H_9)_4NBF_4$. Оба соединения обладают высокой электрохимической стабильностью в диапазоне 4,7–5,2 В. Выявленные в

работе закономерности позволяют провести целенаправленный отбор материалов с улучшенными физико-химическими свойствами, в частности, с высокой ионной проводимостью.



Температурные зависимости проводимости солей замещенного аммония с симметричными (слева) и асимметричными заместителями (справа).

Руководители работ – д.х.н. Уваров Н.Ф. (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН)

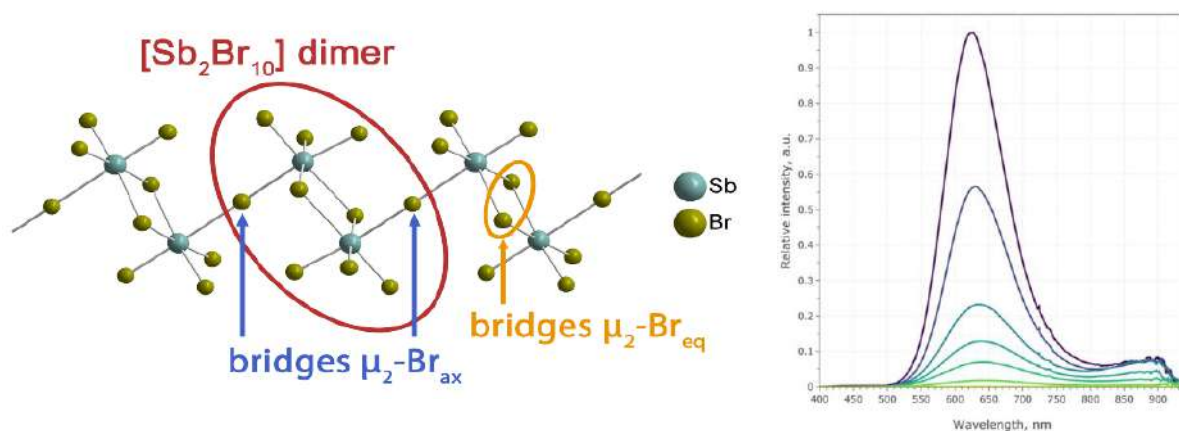
Публикация:

Stebnitskii I., Mateyshina Yu., Chuikov I., Uvarov N. Effect of cation size and symmetry in substituted ammonium tetrafluoroborates on their thermal, structural, and transport properties // Journal of Physical Chemistry C. – 2025. – V. 129. – P. 16380-16387. DOI: 10.1021/acs.jpcc.5c04256

2.13. Атипичная фотолюминесценция гибридного бромантимоната с цепочечным анионом, построенным из димеров [Sb₂Br₁₀]

В поисках менее токсичных гибридных соединений, пригодных для применения в оптоэлектронике, синтезирован новый бромантимонат(III) гомопиперазиния (C₅H₁₄N₂)₃{Sb₂Br₉}₂. Его кристаллическая структура состоит из зигзагообразных цепочек {Sb₂Br₉}, собранных из сильно искаженных октаэдрических анионов (SbBr₆)³⁻ и органических катионов (C₅H₁₄N₂)²⁺. Слабые взаимодействия, включая водородные связи (N)H⋯Br и

ван-дер-ваальсовы контакты $\text{Br}\cdots\text{Br}$, обеспечивают объединение структурных элементов в трехмерный (3D) супрамолекулярный каркас. В спектре фотолюминесценции наблюдаются две широкие полосы в видимой и ближней инфракрасной областях, которые едва различимы при комнатной температуре, но усиливаются при охлаждении. Красное излучение при длине волны 645 нм, обычно наблюдаемое в островных галогенметаллатах, соответствует возбуждению из $5s^2$ пары и излучению из состояния самозахваченного экситона (STE). Нетипичная полоса PL при длине волны 880 нм вызвана дефектами и нетипична для 1D-анионов.



Строение неорганической анионной цепи $\{\text{Sb}_2\text{Br}_{10}\}$ (слева) и спектр фотолюминесценции при разных температурах (справа).

Руководитель работ – член-корреспондент РАН Шевельков А.В. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет)

Публикация:

Bykov A.V., Shestimerova T.A., Bykov M.A., Gontcharenko V.E., Lyssenko K.A., Metlin M.T., Taidakov I.V., Grigorieva A.V., Shevelkov A.V. Photoluminescent chain-of-dimer anion in a novel hybrid halometallate $(\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2)_3\{\text{Sb}_2\text{Br}_9\}_2$: atypical behavior in one-dimensional anionic systems // Dalton Transactions. – 2025. – V. 54. – P. 1541-1551. DOI: 10.1039/d4dt02751e

III. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ВКЛЮЧАЯ КОМПОЗИЦИОННЫЕ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

3.1. Новые высокоэффективные фотокатализаторы на основе композитов SrTiO_3 с алмазоподобным $\beta\text{-C}_3\text{N}_4$

Разработан простой универсальный подход для получения высокоэффективных фотокатализаторов на основе перовскита SrTiO_3 и $\beta\text{-C}_3\text{N}_4$, обладающего алмазоподобной структурой, путем интенсивного механического смешения компонентов, с формированием гетероструктур. Для этого SrTiO_3 получали золь-гель методом в щелочной среде, а $\beta\text{-C}_3\text{N}_4$ с помощью нового инновационного подхода обработкой раствора мочевины импульсными подводными разрядами низкотемпературной плазмы. В результате реализован синергетический эффект от сочетания фотоактивных материалов. Оптимизированный состав $\text{SrTiO}_3/1\%\beta\text{-C}_3\text{N}_4$, 0,5г/л приводит к 90% фотодеструкции 0,0012 г/л раствора красителя родамина Б в течение 90 минут облучения ртутной лампой, мощностью 300Вт. Облучение видимым светом с помощью ксеноновой лампы, мощностью 50 Вт, приводит к 30% фотодеструкции родамина Б в течение 90 минут. Разработка открывает перспективы использования фотокатализаторов $\text{SrTiO}_3/1\%\beta\text{-C}_3\text{N}_4$ для решения экологических проблем с использованием непосредственно солнечного света.

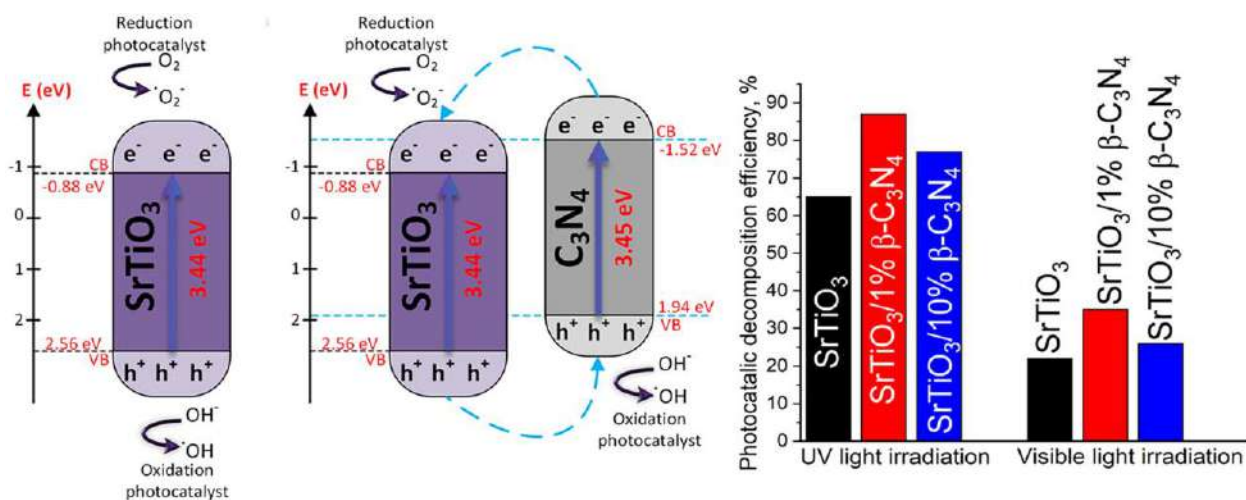


Схема формирования фотовозбужденных состояний и фотокаталитическая эффективность SrTiO₃/β-C₃N₄ при разложении родамина Б в растворе через 90 мин воздействия ультрафиолетового и видимого света.

Руководитель работ – д.х.н., профессор Агафонов А.В. (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН)

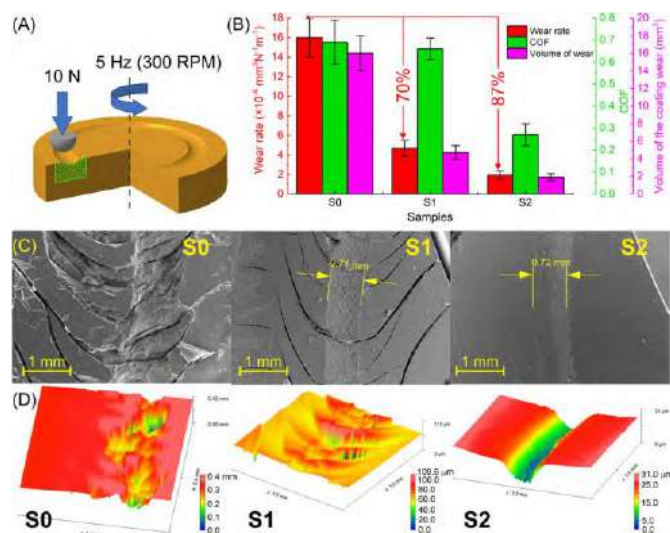
Публикация:

Ivanov K., Melnik E., Sirotkin N., Khlyustova A., Agafonov A. Synthesis, structure, and photocatalytic properties of the organic–inorganic nanocomposite photocatalyst SrTiO₃/β-C₃N₄ // *Inorganic Chemistry Communications*. – 2025. – V. 183. – a.n. 115823. DOI: 10.1016/j.inoche.2025.115823

3.2. Новый материал с улучшенными трибологическими свойствами на основе эпоксиполимера с модифицированным оксидом графена

Разработан и протестирован новый метод получения композитного материала, состоящего из отвержденной эпоксидной смолы и 0.03 мас.% оксида графена, модифицированного магнитными (Fe₃O₄) и люминесцентными (NaYF₄:Yb/Er) наночастицами (MLGO). В полученном материале MLGO концентрируется вблизи одной поверхности композита с помощью магнитного поля. Подобное градиентное распределение нанонаполнителя в образце S2 снизило скорость износа этой поверхности на 87 % по сравнению с чистой эпоксидной смолой (S0) и на 17 % по сравнению

с образцом с равномерным распределением MLGO в эпоксидной матрице (S1), а также предотвращало образование трещин. Более того, нанонаполнитель MLGO не только улучшает механические свойства и износостойкость, но и придает полимеру магнитную чувствительность и люминесцентные свойства, что делает его ценным перспективным материалом.



(A) Испытание на износ методом «шарик на пластине». (B) Данные о скорости износа, объеме износа и коэффициенте трения образцов S0-S2. Изображения SEM (C) и 3D-морфология (D) образцов S0-S2 после испытания на износ.

Руководитель работ – д.х.н., профессор Амиров Р.Р. (Казанский (Приволжский) федеральный университет, Химический институт им. А.М. Бутлерова)

Публикация:

Solodov A.N., Balkaev D.A., Shayimova J.R., Vakhitov I.R., Gataullina R.M., Zagidullin A.A., Zharkov D.K., Leontyev A.V., Shmelev A.G., Nurtdinova L.A., Nikiforov V.G., Amirova L.M., Drobyshev S.V., Saifina A.F., Gubaidullin A.T., Zhuravleva Y.I., Amirov R.R. Enhanced Wear Resistance and Mechanical Properties of Epoxy Nanocomposites through Surface-Concentrated Magnetic and Luminescent Graphene Oxide // Tribology International. – 2025. – V. 204. – a.n. 110504. DOI: 10.1016/j.triboint.2024.110504

3.3. Композиты ZnO-ZnTe, закристаллизованные из расплава при высоком давлении: термоэлектрические и транспортные свойства

Совместная кристаллизация оксида цинка и теллурида цинка из расплава при высоком давлении привела к образованию композитов ZnO-ZnTe с пластинчатой кристаллической структурой и интересными физическими свойствами. Согласно результатам РЭМ, РФА и КР спектроскопии, крупные зерна этих композитов содержат слои индивидуальных соединений. Измерения электросопротивления, Холла, ЭДС и коэффициента Зеебека показывают решающий вклад вырожденного полупроводника p-типа в проводимость исследуемых композитов. Этот вырожденный проводник располагается на границах кристаллитов ZnO, образуя сеть непрерывных проводящих каналов, пронизывающих композит.

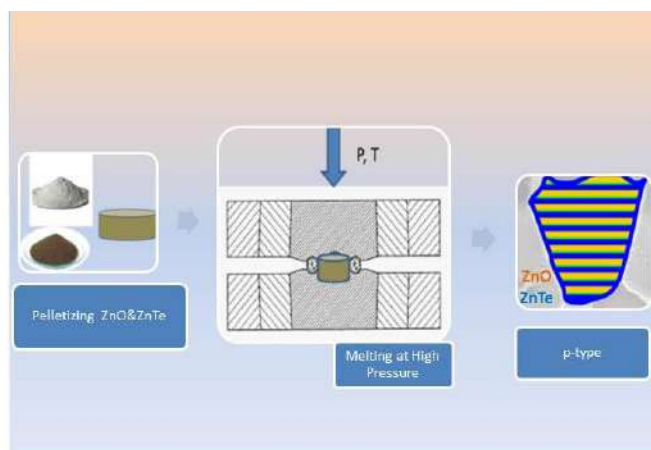


Схема синтеза слоистых композитов ZnO-ZnTe путем совместной кристаллизации из расплава при высоком давлении смесей оксида цинка и теллурида цинка.

Руководитель работ – к.х.н. Баранов А.Н. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)

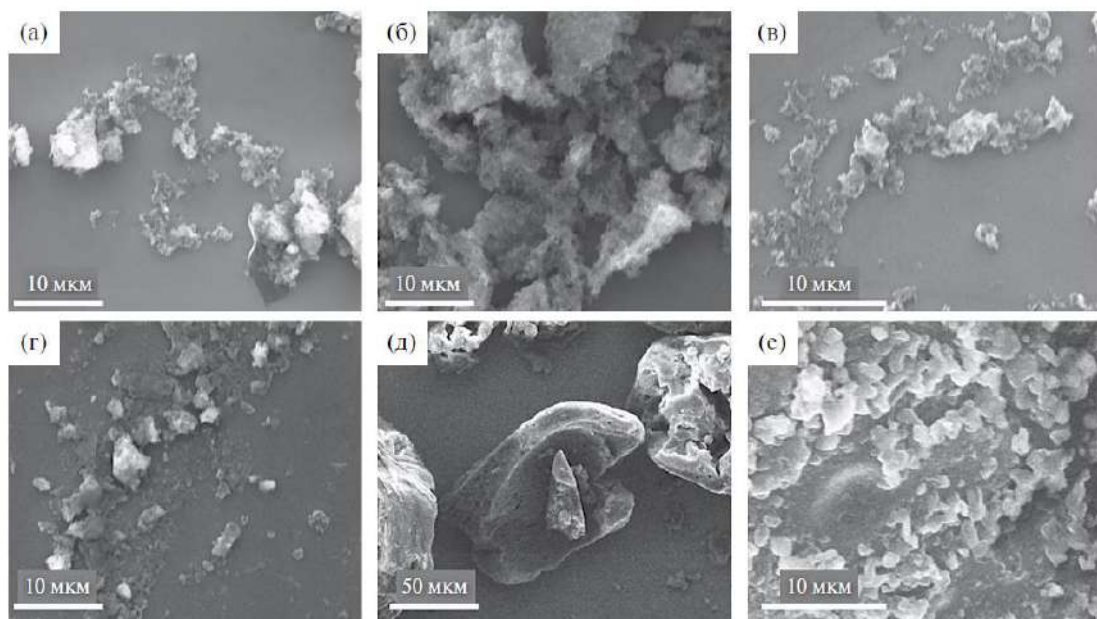
Публикация:

Baranov A.N., Kytin V.G., Mitiushchev N.D., Firsov A.A., Syuy A.V., Konstantinova E.A., Apreleva A.S., Kulbachinskii V.A., Mukhanov V.A., Solozhenko V.L. ZnO-ZnTe composites crystallized from melt at high pressure:

3.4. Сорбенты ионов металлов платиновой группы на основе легированного гетероатомами g-C₃N₄

Разработан новый подход к синтезу графитоподобного нитрида углерода (g-C₃N₄) с использованием полимеризованной тритиоциануровой кислоты (pTTCA) в качестве предшественника. Установлено, что степень полимеризации pTTCA (0–100%) позволяет управлять химическим составом и пористостью материала. Оптимальный образец (pTTCA 75%) обладает высокой удельной поверхностью (111 м²/г) и содержит функциональные группы, включая атомы серы, кислорода и цианогруппы.

Ключевым направлением практического применения данного материала является его использование в качестве селективного сорбента для извлечения ионов металлов платиновой группы (Pt, Pd, Rh) из растворов. Наличие в структуре модифицированного g-C₃N₄ серо- и азотсодержащих групп создаёт активные центры для взаимодействия с металлами, что позволяет повысить сорбционную ёмкость и селективность материала. Полученные результаты открывают перспективу создания нового поколения функциональных материалов для комплексного извлечения и повторного использования металлов платиновой группы.



Снимки РЭМ материалов g-C₃N₄, полученных из pTCSA 0% (а), pTCSA 25% (б), pTCSA 50% (в), pTCSA 75% (г), pTCSA 100% (д, е).

Руководитель работ – д.х.н., профессор Вашури́н А.С. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

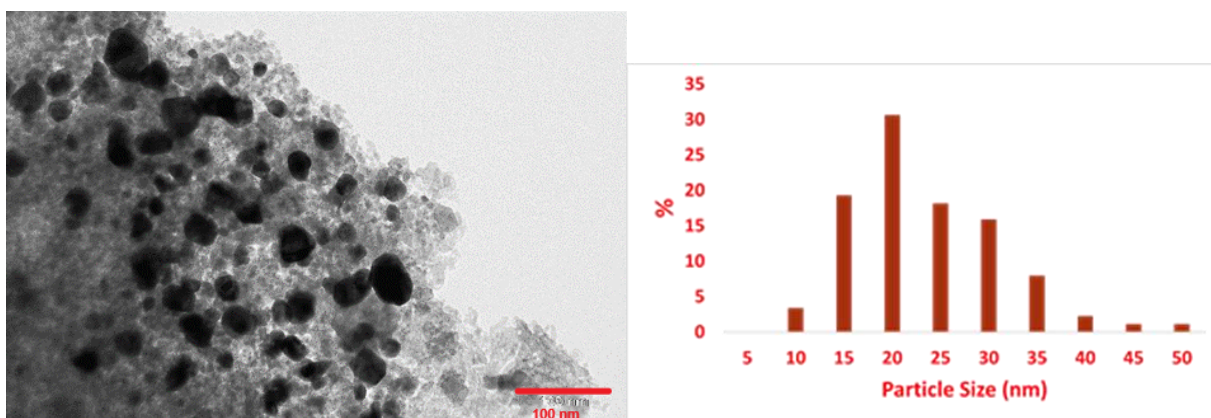
Публикация:

Lebedev M.D., Goncharenko A.A., Skvortsov I.A., Vashurin A.S. Synthesis of g-C₃N₄ using polymerized trithiocyanuric acid: effect of polymerization degree on structure and photocatalytic properties // Журнал неорганической химии. – 2025. – Т. 70. – № 11. – С. 1660–1666. DOI: 10.1134/S0036023625603083

3.5. Новый каталитический материал на основе гетерометаллического Pt-Co комплекса на гидроталькитном носителе

Разработаны новый эффективный каталитический материал для конверсии метана в синтез-газ. Материал синтезирован методом пропитки алюмомагниевого гидроталькитного носителя водным раствором гетерометаллического платина-кобальтового ацетатного комплекса с последующим прокаливанием. В отличие от большинства катализаторов данного процесса, катализатор не требует предварительного восстановления водородом, практически не подвержен зауглероживанию. Катализатор

эффективен в образовании водорода и синтез-газа в реакциях углекислотной и кислородной конверсии метана уже при 600 °С, а при 800-900 °С показывает близкие к количественному выходы водорода и синтез-газа. Катализатор стабильно работает на протяжении 60 ч. В процессе катализа формируются не подверженные «спеканию» наноразмерные частицы сплава платины и кобальта, диспергированные в алюмомагниево-оксидной системе, а после длительных также содержит и платину в различных степенях окисления.



Микрофотография каталитического материала и распределение металлических частиц по размерам.

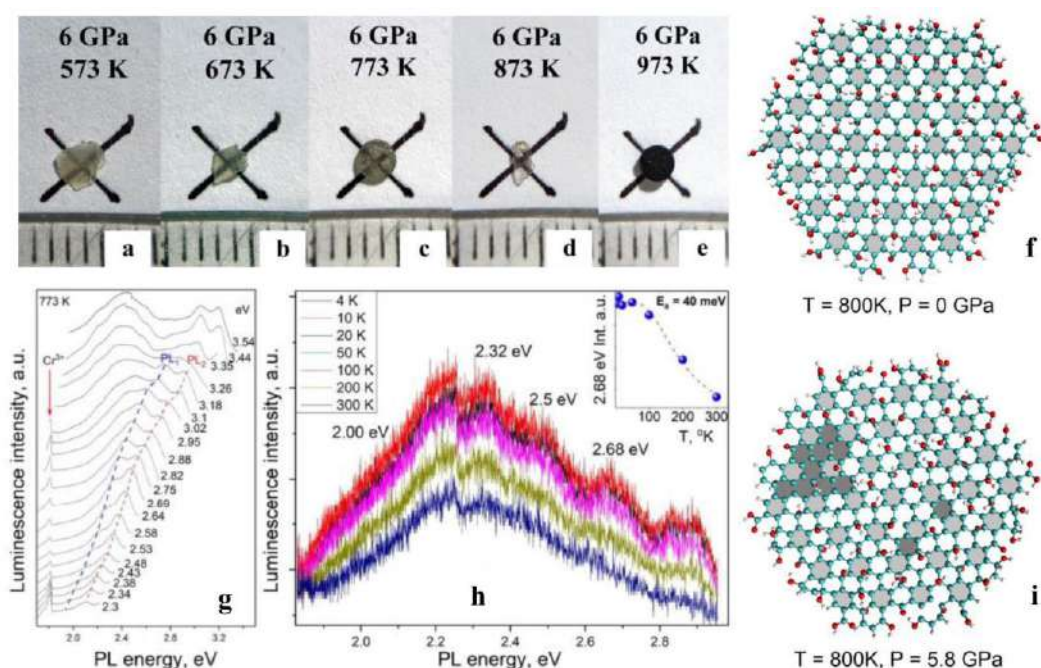
Руководитель работ – академик РАН Дедов А.Г. (Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН)

Публикация:

Dedov A.G., Loktev A.S., Stolyarov I.P., Maslakov K.I., Bykov M.A., Sadovnikov A.A., Cherednichenko K.A., Shandryuk G.A. Pt-Co acetate complex deposited on hydrotalcite-like support – Effective precursor of catalyst for hydrogen and syngas production by partial oxidation and dry reforming of methane // Fuel. – 2025. – V. 394. – a.n. 135147. DOI: 10.1016/j.fuel.2025.135147

3.6. Нанокompозитный оптический материал с перестраиваемым спектром люминесценции

Методом термобарического синтеза получена плотная прозрачная люминесцентная керамика на основе шпинели $MgAl_2O_4$ с включениями наночастиц оксида графена (GO). Оптически прозрачная керамика формируется при давлении 6 ГПа в диапазоне температур от 773 до 873 К. Показано, что частицы графена выполняют функцию квантовых точек, в спектрах фотолюминесценции в диапазоне 2.9 эВ – 2.2 эВ наблюдается смещение максимума сигнала за счет квантово-размерного эффекта.



Фотографии керамики, полученной при различных условиях (a-e); спектры фотолюминесценции нанокерамики, полученной при 6 ГПа и 773 К из смеси нанопорошков $MgAl_2O_4$ и графена (g); спектры фотолюминесценции, возбуждаемой фемтосекундным лазерным излучением (h); структура наночастицы оксида графена, находящейся между макрочастицами $MgAl_2O_4$ при T = 800 К и P = 0 ГПа (f) или P = 5.8 ГПа (i).

С использованием квантово-химической молекулярной динамики подтверждено, что источником активной люминесценции являются наночастицы GO, зажатые в межзёренном пространстве $MgAl_2O_4$. В условиях термобарического синтеза поверхность GO теряет ~10% гидроксильных групп с появлением «островков» графена, выступающих центрами

люминесценции: в широкой запрещённой щели GO возникает множество ловушек - сильнолокализованных S_2p -состояний графена.

Руководитель работ – д.х.н. Кузнецов М.В. (Институт химии твердого тела УрО РАН)

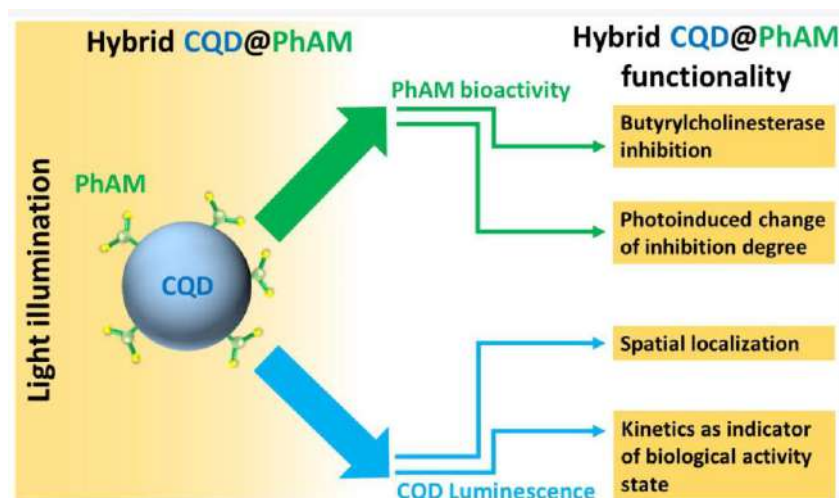
Публикация:

Kiryakov A., Dyachkova T., Tyutyunnik A., Baklanova I., Reznitskikh O., Enyashin A. Functionalization of transparent $MgAl_2O_4$ nanoceramics with carbon quantum dots // Journal of Alloys and Compounds. – 2025. – V. 1038. – a.n. 182576. DOI: 10.1016/j.jallcom.2025.182576

3.7. Гибридные наноматериалы для фотофармакологии с фотопереключаемой флюороактивнойстью и люминесцентной визуализацией

Разработаны методы получения и синтезирован ряд новых гетероциклических фосфонатов, обладающих ингибирующей активностью в отношении ферментов группы холинэстераз. Варьирование заместителей, за счет использования в синтезе исходного дигидропиримидина различных альдегидов, обеспечило направленное варьирование целевых свойств – биоактивности и фотопереключаемости. В качестве биологической активности рассматривалась способность соединений ингибировать бутирилхолинэстеразу, которая играет важную роль при развитии ряда нейродегенеративных расстройств (болезнь Альцгеймера), кожных заболеваний (псориаз, витилиго, атопический дерматит и т. д.). Полученные гетероциклические фосфонаты конъюгировались с вариантами люминесцентных носителей, таким образом были получены гибридные структуры типа ядро@оболочка. В качестве люминесцентных носителей были использованы оксидные частицы $LaVO_4:Eu^{3+}$ и углеродные квантовые точки. Фотопереключаемые гибридные наноматериалы, обладающие

контролируемым окном биоактивности и люминесцентной визуализацией их локализации в органах и тканях продемонстрированы впервые.



Руководитель работ – д.х.н., профессор Маньшина А.А. (Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии)

Публикация:

Kolesnikov I., Bikbaeva G., Egorova A., Pilip A., Medvedev V., Mamonova D., Pankin D., Kalinichev A., Mayachkina N., Bakina L., Manshina A. Water-soluble hybrids $\text{LaVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ @diamine phosphine with photoswitchable butyrylcholinesterase inhibition and luminescent imaging // *Optical Materials*. – 2025. – V. 168. – a.n. 117522 DOI: 10.1016/j.optmat.2025.117522

3.8. Гибридные материалы на основе слоистых гидроксидов РЗЭ и малонатов меди

Впервые предложены и реализованы синтетические подходы к интеркаляции анионных комплексов переходных металлов на примере малонатов меди в слоистые гидроксиды редкоземельных элементов – анионный обмен при комнатной температуре и *in situ* формирование комплексов меди в межслоевом пространстве слоистых гидроксидов РЗЭ. Показано, что состав лигандов позволяет целенаправленно варьировать содержание меди в полученных гибридных соединениях, а также координационную геометрию

Cu^{2+} , что подтверждено элементарным анализом, расчетами DFT и данными ЭПР. Разработанные подходы существенно расширяют возможности конструирования новых гибридных соединений редкоземельных и переходных металлов для получения магнитных, люминесцентных и каталитических материалов.

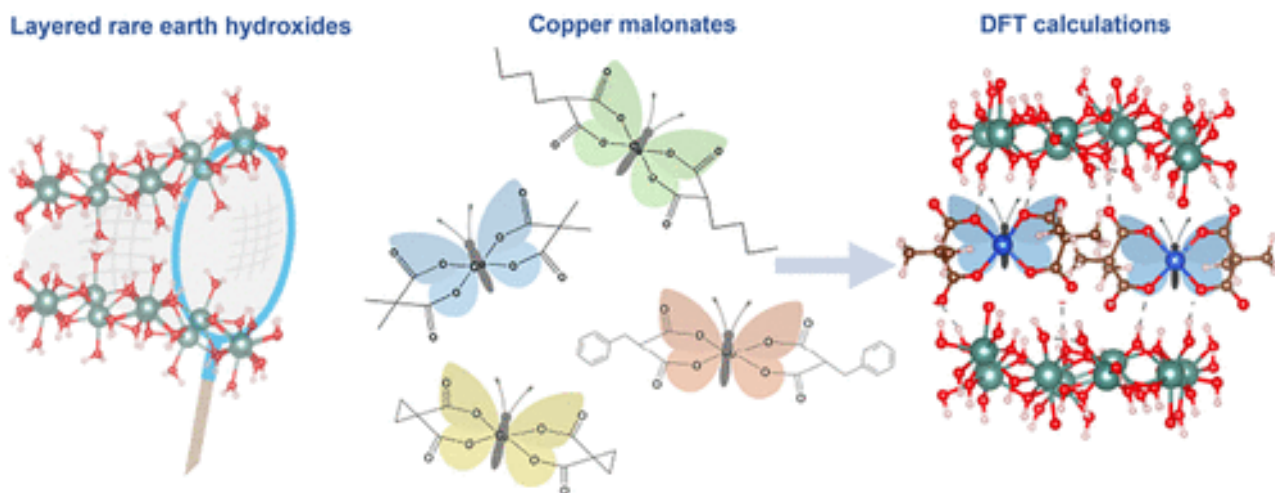


Схема получения гибридных материалов на основе слоистых гидроксидов РЗЭ и малонатов меди.

Руководитель работ – к.х.н. Япрытцев А.Д. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

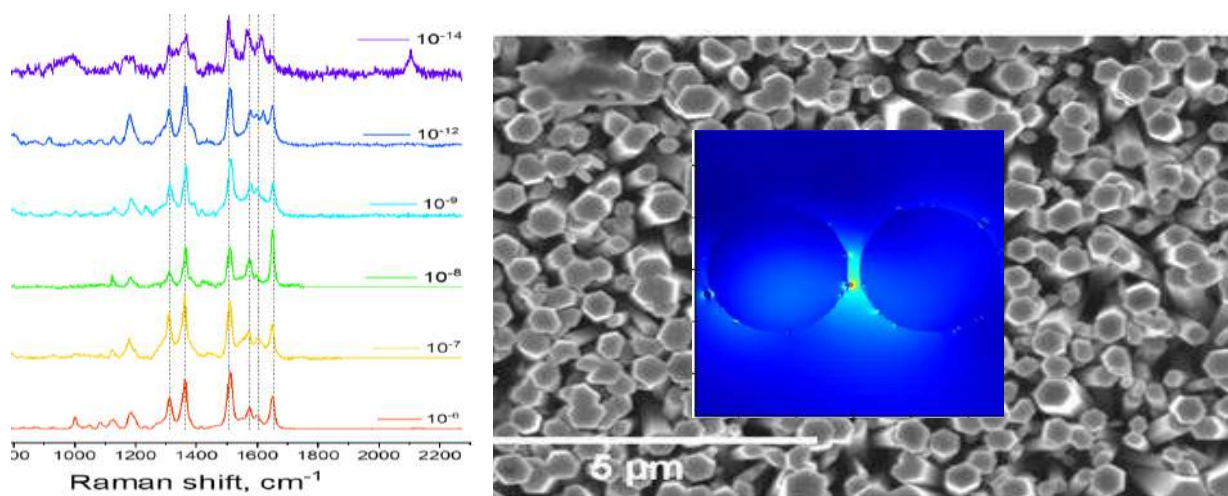
Публикация:

Sheichenko E.D., Yapryntsev A.D., Gogoleva N.V., Kiskin M.A., Volyhov A.A., Breslavskaya N.N., Ananyev I.V., Efimov N.N., Baranchikov A.E., Ivanov V.K. Layered Rare-Earth Hydroxides Intercalated with Metal Complexes: Copper Malonates Make a Difference // *Inorganic Chemistry*. – 2025. V. – 64. – P. 16838-16855. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5c01965

IV. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

4.1. Наноструктуры ZnO/Ag для SERS спектроскопии: эффект клиновидной микрополости

Наноструктуры оксида цинка (ZnO) с нанесенными на них наночастицами серебра (Ag) демонстрируют широкие возможности для высокочувствительной диагностики с помощью спектроскопии (SERS). В данной работе мы используем известный метод гидротермального синтеза массивов наностержней ZnO с последующим осаждением наночастиц Ag методом фотохимического восстановления серебра под воздействием УФ-излучения для получения структур наностержни ZnO /Ag с превосходной SERS-активностью. Спектры SERS родамина R6G регистрируются в широком диапазоне концентраций аналита от 10^{-6} до 10^{-14} М.



Спектры SERS родамина (слева), фото РЭМ наностержней оксида цинка (справа) и моделирование электромагнитного усиления сигнала между стержнями (в центре).

Численное моделирование рассеяния света в структурах ZnO-NRs/Ag-NPs позволяет показать, что клиновидная морфология ZnO-NRs играет решающую роль в 3D электромагнитном усилении сигнала SERS, которое может достигать $3 \cdot 10^8$ для минимальной концентрации аналита.

Выявленная высокая SERS-активность полученных гибридных наноструктур ZnO/Ag в сочетании с простотой их приготовления открывают новые перспективы для их применения в аналитической химии.

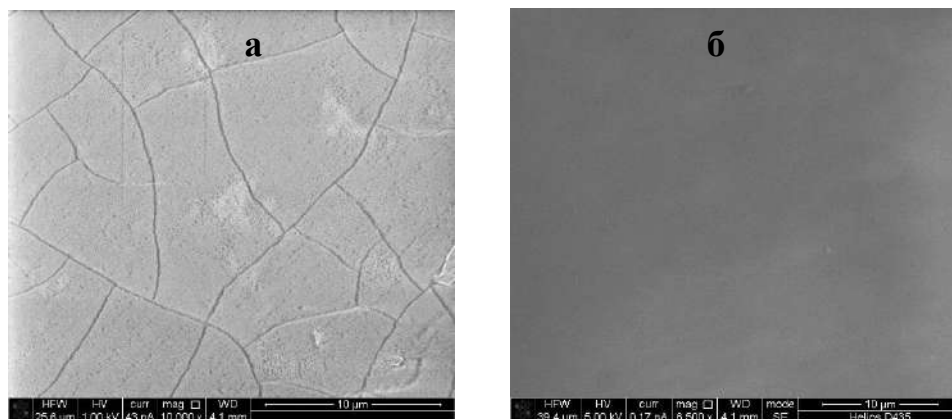
Руководитель работ – к.х.н. Баранов А.Н. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)

Публикация:

Kapitanova O., Kornilova A.V., Mitiushev N.D., Veselova I.A., Timoshenko V.Yu., Baranov A.N. ZnO/Ag nanostructures for surface-enhanced raman spectroscopy: Effect of wedge microcavity // Nanotechnology. – 2025. – V. 36. – a.n. 375702. DOI:10.1088/1361-6528/ae01ab

4.2. Физико-химический анализ $Y_3Fe_5O_{12}/GaAs$

Исследовано влияние химического состава феррограната иттрия на процессы получения и свойства пленочных структур $Y_3Fe_5O_{12}/GaAs$, перспективных для применения в магноники и спиновой электронике. Показано, что как отклонения по основным компонентам (Fe, Y), так и присутствие примесных элементов, включая щелочные, щелочноземельные и редкоземельные металлы, существенно влияют на формирование структуры и магнитные характеристики пленок. Совместное применение атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой позволило расширить перечень определяемых элементов и снизить пределы обнаружения для ряда примесей, включая элементы, подверженные спектральным помехам. Установлено, что содержание примесей на уровне выше 10^{-2} мас. % приводит к значительному уширению линии ферромагнитного резонанса и ухудшению свойств пленочной структуры. Предложенный метод синтеза приводит к получению более однородных пленок с пониженной структурной дефектностью.



Внешний вид поверхности плёнки ЖИГ толщиной 50 нм на подложке GaAs после отжига; б – Внешний вид поверхности плёнки ЖИГ на подложке GaAs после утонения и сглаживания ионами кислорода.

*Руководитель работ – д.х.н., профессор РАН Барановская В.Б.
(Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)*

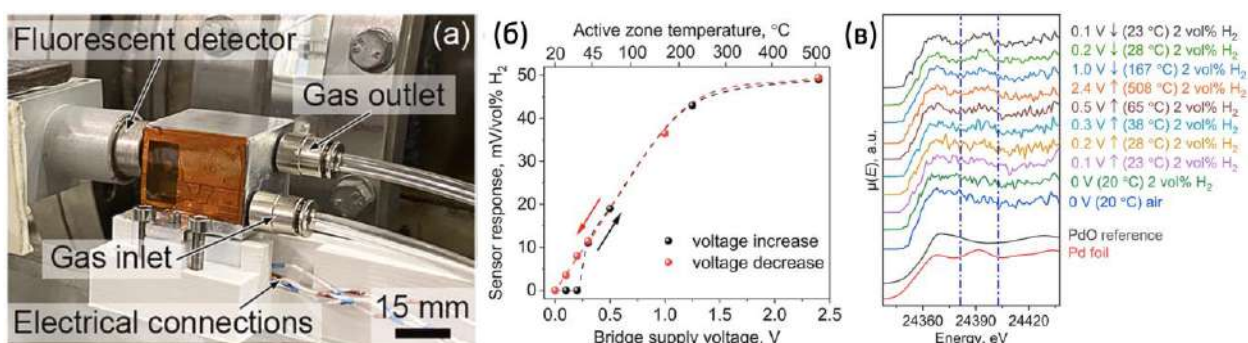
Публикация:

Короткова Н.А., Доронина М.С., Смирнова М.Н., Кецко В.А., Барановская В.Б. Влияние состава феррограната иттрия на процесс получения пленочных структур $Y_3Fe_5O_{12}/GaAs$ // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2025. – Т. 91. – С. 5-13. DOI: 10.26896/1028-6861-2025-91-12-5-13

4.3. Планарные терموкаталитические сенсоры водорода: изучение состава Pd-Pt катализатора с помощью *operando* спектроскопии поглощения рентгеновского излучения

Развитие технологии термокаталитических сенсоров для анализа концентрации горючих/взрывоопасных газов в атмосфере происходит по пути миниатюризации и внедрения планарных технологий в их производство. По прогнозам, такие устройства будут занимать ведущие позиции на рынке в ближайшем будущем. Для повышения чувствительности сенсоров и обеспечения их долговременной стабильности при уменьшенном размере активной зоны, детально исследуется химическое состояние

катализатора в рабочих условиях. Представлены результаты *operando* исследования методом спектроскопии поглощения рентгеновского излучения палладий-платинового катализатора с мольным отношением Pd:Pt = 3:1, входящего в состав планарного термокаталитического сенсора водорода, изготовленного на основе пористой подложки из анодного оксида алюминия. Показано, что при работе сенсора на воздухе окисление палладия приводит к подавлению каталитического окисления водорода. Только после восстановления PdO до металлического Pd в присутствии водорода при 38 °С каталитическое окисление водорода проявляется в виде резкого увеличения отклика сенсора с 0 до 15 мВ на об.% H₂. Полученная фундаментальная информация о механизме окисления водорода при низких температурах критически важна для регистрации низких концентраций водорода без задержки отклика, снижения рабочей температуры сенсора и реализации импульсного режима измерений.



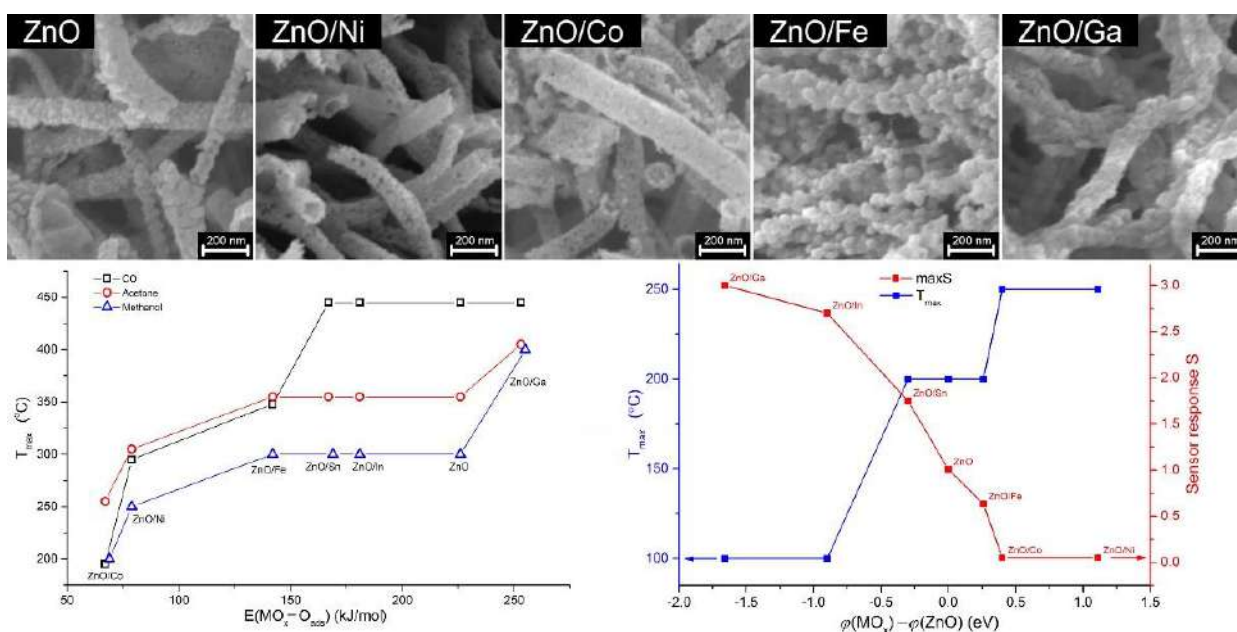
Руководитель работ – к.х.н. Напольский К.С. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет)

Публикация:

Kalinin I.A., Roslyakov I.V., Kolesnik I.V., Khramov E.V., Khmelenin D.N., Napolskii K.S. Microheater-based catalytic hydrogen sensor: Operando X-ray absorption spectroscopy study of Pd–Pt catalyst chemistry // International Journal of Hydrogen Energy. – 2025. – V. 179. – a.n. 151472. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2025.151472

4.4. Новые полупроводниковые материалы с повышенной чувствительностью и селективностью для детектирования биомаркеров в выдыхаемом воздухе

Проанализировано влияние модификаторов MO_x ($M = Fe^{III}, Co^{II,III}, Ni^{II}, In^{III}, Ga^{III}$) на сенсорные свойства нановолокон ZnO , синтезированных методом электроспиннинга, при детектировании неорганических и органических молекул, в том числе короткоцепочечных жирных кислот (КЖК) $C1-C4$. Основное влияние на сенсорные свойства оказывают энергия связи хемосорбированного кислорода с поверхностью полупроводника и потенциальный барьер на границе раздела ZnO/MO_x . Синтезированные материалы позволили детектировать КЖК на уровне менее 1 ppm, в том числе в условиях высокой влажности воздуха ($RH = 80\%$), что делает их перспективными для использования в газоанализаторах типа «электронный нос» для неинвазивной медицинской диагностики по анализу содержания биомаркеров в выдыхаемом воздухе



Руководитель работ – д.х.н., профессор Румянцева М.Н. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет)

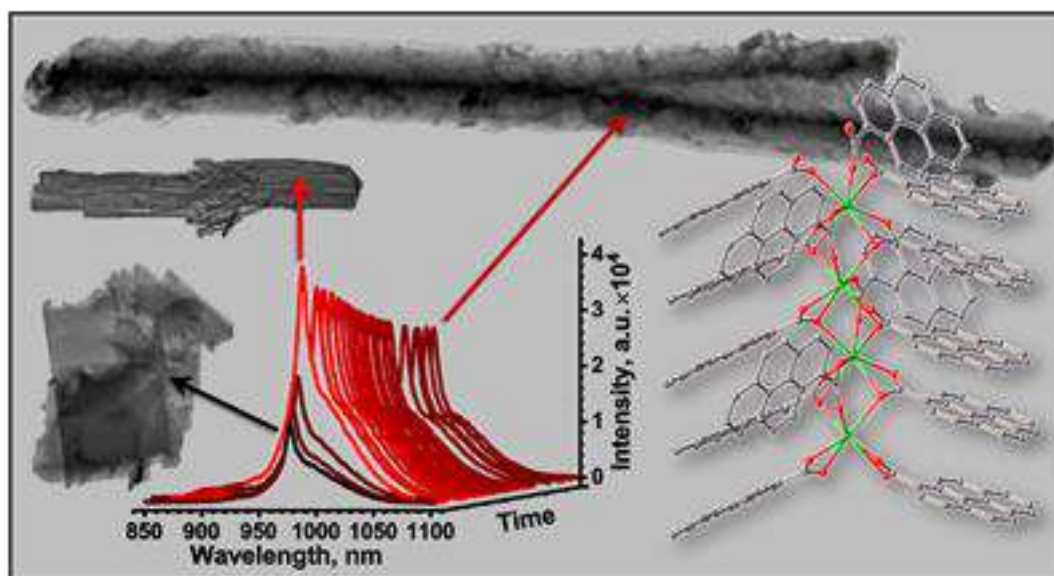
Публикации:

Platonov V., Sinyashin O., Rumyantseva M. ZnO/MO_x Nanofiber Heterostructures: MO_x Receptor's Role in Gas Detection // *Sensors*. – 2025. – V. 25. – a.n.376. DOI: 10.3390/s25020376

Platonov V., Rumyantseva M. Electrospun ZnO/MO_x nanocomposites as sensitive materials for biomarker gas sensors: Role of MO_x in C1–C4 short-chain fatty acids detection. // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2025. – V. 433. – a.n. 137535. DOI: 10.1016/j.snb.2025.137535

4.5. Развитие неорганических люминесцентных термометров на основе лантанидов

В отчётном периоде нами продемонстрирован значимый прогресс в создании неорганических термочувствительных материалов. Исследованы ароматические карбоксилаты Tb-Eu и Yb-Gd с устойчивым ратиометрическим откликом, а также показано, что контроль морфологии за счет направленного варьирования позволяет повысить эффективность ИК люминесценции. Показано, что β -NaYF₄:Yb,Er, полученный оптимизированным сольвотермальным методом, обеспечивает чувствительность до 1 %/°C в режиме анти-Стоксовой эмиссии и до 0.4 %/°C для Стоксовой эмиссии. Разработан также комплекс Yb с двойной эмиссией, позволяющий измерять внутреннюю температуру OLED до 114 °C с чувствительностью 2.4 %/K в широком диапазоне (–196 ... +160 °C). Совокупность результатов формирует современную химическую базу для высокоточных люминесцентных термометров.



Зависимость интенсивности ИК люминесценции 1-пирената иттербия от морфологии и его кристаллическая структура.

Руководитель работ – д.х.н. профессор Уточникова В.В. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет)

Публикации:

Orlova A.V., Kozhevnikova V., Goloveshkin A.S., Bolshakova A., Utochnikova V. V., Ytterbium-Gadolinium Pyrenates: Morphology-Dependent NIR-Emission with Record Quantum Yield in Powder State» // *Inorganic Chemistry*. – 2025. – V. 64. – P. 19980-19988. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5c02305

Орлова А.В., Целых Л.О., Кошелев Д.С., Булатов А.В., Гарбузова М.Р., Зезюля К.Р., Маршев Е.Д., Рубанова Л.С., Цымбал Т.Л., Уточникова В.В., Биметаллические тетрафтортерефталаты тербия и европия с фенантролином: фотостабильность и применение в термометрии // *Фотоника*. – 2025. – Т. 19. – С. 500–508. DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2025.19.6.500.507

Koshelev D.S., Kirianova A.V., Korneeva E.Yu., Vaschenko A.A., Lider E.V., Klyushova L.S., Zhu Ya., Utochnikova V.V. Show more V.V. Utochnikova, A dual vis-NIR emissive ytterbium(III) complex with potential application in OLED

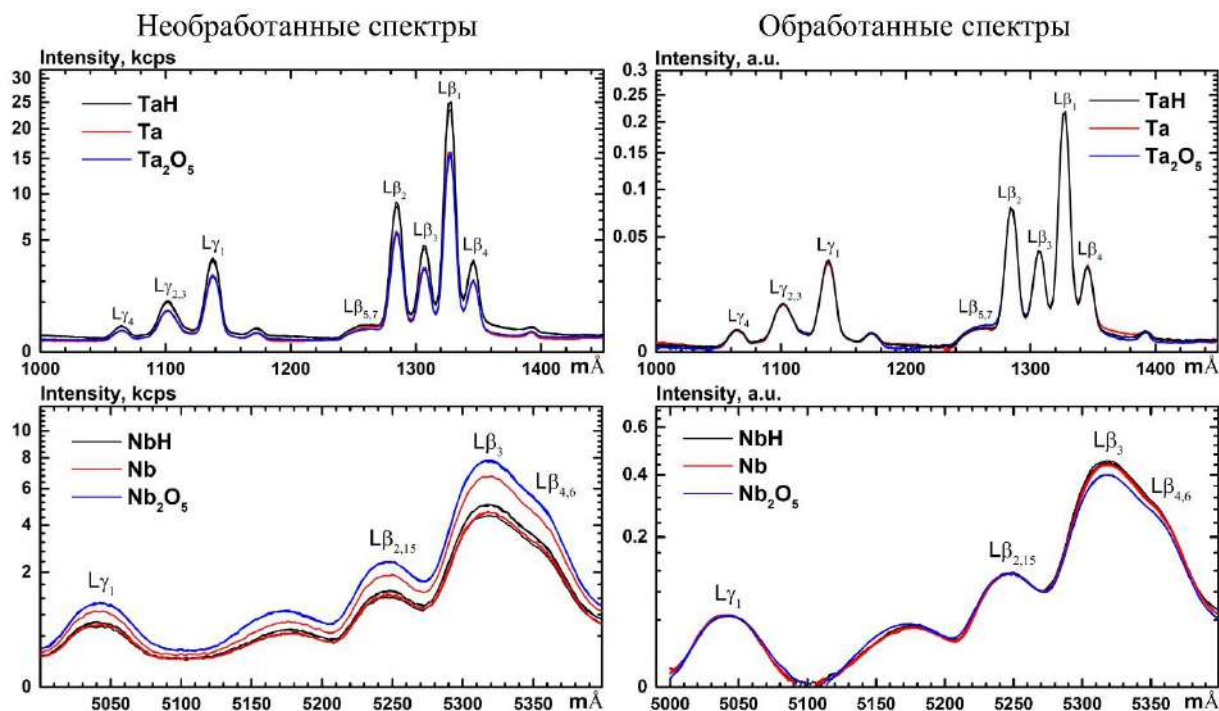
devices with optical determination of the internal temperature // Inorganic Chemistry Communications. – 2025. – V. 171. – a.n. 113636. DOI: 10.1016/j.inoche.2024.113636

Koshelev D.S., Orlova A.V., Tcelykh L.O., Krot A.D., Kuznetsov K.M., Utochnikova V.V. NaYF₄:Yb³⁺,Er³⁺ for luminescent thermometry: Stokes vs Anti-Stokes // Optical Materials. – 2025. – V. 159. – a.n.116582. DOI: 10.1016/j.optmat.2024.116582

4.6. Подходы определения формы нахождения тантала и ниобия в различных соединениях

Исследована возможность определения формы нахождения тантала и ниобия в различных соединениях (металлические Ta и Nb, TaH, NbH, Ta₂O₅, Nb₂O₅) с помощью отношения интенсивностей линий характеристического рентгеновского излучения этих элементов. Эксперимент проведен с использованием серийного рентгенофлуоресцентного спектрометра со средним разрешением «Спектроскан Макс-GVM». Для расчета относительной интегральной интенсивности использовали линии *L*-серии тантала в диапазоне 1000 – 1450 мÅ и *L*-серии ниобия в диапазоне 5000 – 5400 мÅ. Поскольку различия в соотношении интенсивностей линий характеристического рентгеновского излучения для разных форм нахождения элементов невелики, особое внимание было уделено обработке спектров для выделения сглаженных интенсивностей линий в выбранных спектральных диапазонах. Предложенный подход позволяет различить все три соединения Ta по интенсивности контура линии TaLβ_{5,7} после обработки спектра и нормировки на интенсивность линии TaLβ₁. В случае ниобия удалось отличить оксид от чистого металла и его гидрида по отношению интенсивностей линий NbLγ₁ и NbLβ_{3,4}. Отличить металл от его гидрида таким способом не удалось. Предлагаемый режим регистрации спектров совместим с используемым в стандартной схеме рентгенофлуоресцентного

анализа, что в принципе позволяет определять элементный состав и форму нахождения аналитов в одном эксперименте.



Спектры трёх повторных измерений для Ta (вверху) и Nb (внизу) до и после полной обработки и нормализации по Ta Lβ₁ и Nb Lγ₁.

Руководитель работ – д.ф.-м.н., профессор Филиппов М.Н. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикация:

Ахметжанов Т.Ф., Марьина Г.Е., Межевая Л.Ю., Филиппов М.Н. Определение формы нахождения ниобия и тантала по рентгенофлуоресцентным спектрам с использованием волнового спектрометра «Спектроскан Макс-GVM» // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2025. – Т. 91. – С. 34-40. DOI: 10.26896/1028-6861-2025-91-11-34-40

V. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Новый метод синтеза бета-модификации нитрида углерода с использованием плазменно-жидкостной технологии

Представлен прорывной и экологически безопасный метод одностадийного синтеза высококачественного β - C_3N_4 с помощью инновационной плазменно-жидкостной технологии. При иницировании разряда в простых прекурсорах, таких как водный раствор мочевины или ацетонитрил, были синтезированы частицы бета-модификации нитрида углерода.

Схема синтеза β - C_3N_4 с использованием плазменно-жидкостной технологии

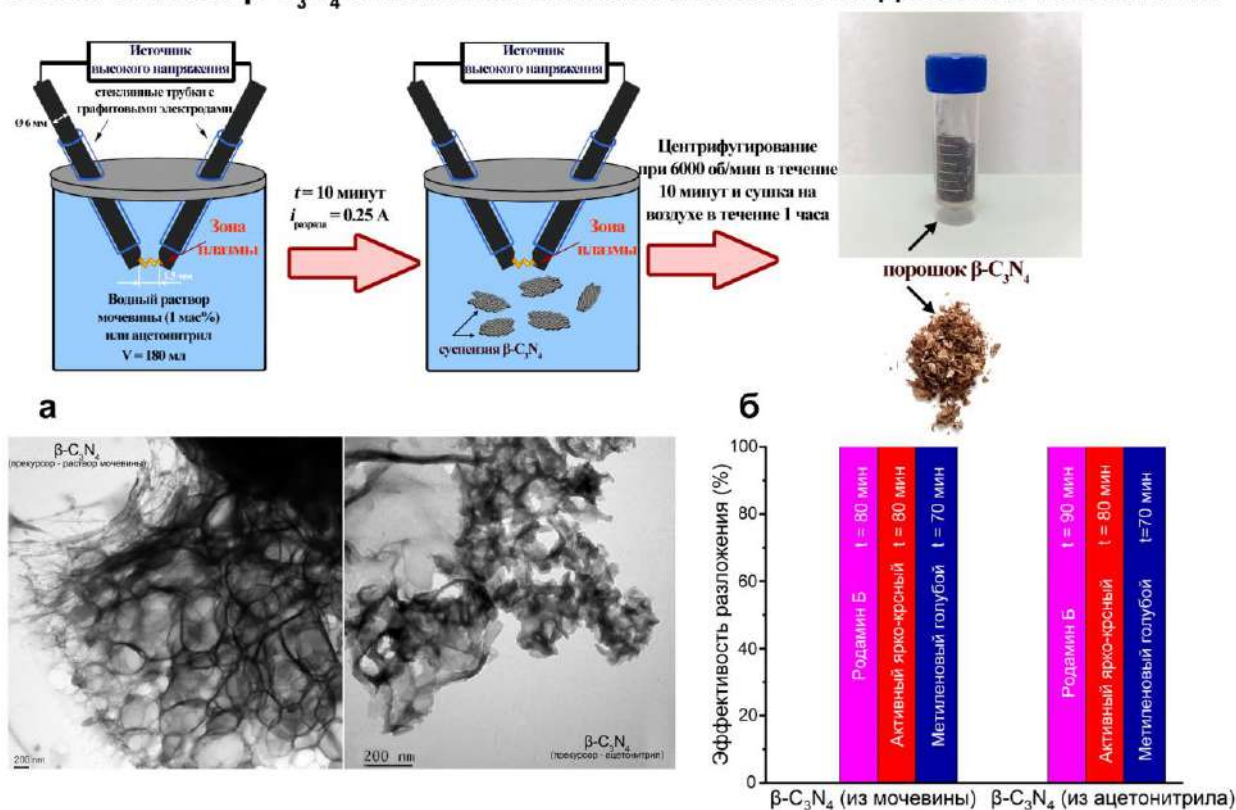


Схема получения β - C_3N_4 с помощью плазменно-жидкостной технологии, ПЭМ изображения образцов (а) и применение полученных образцов в качестве фотокатализаторов (б).

Важнейшим достижением является превосходная фотокаталитическая активность полученного материала, которая в 1.5–2 раза выше, чем у

традиционного графитоподобного нитрида углерода. Этот эффективный и масштабируемый подход открывает широкие перспективы для создания новых материалов в области фотокатализа и очистки окружающей среды.

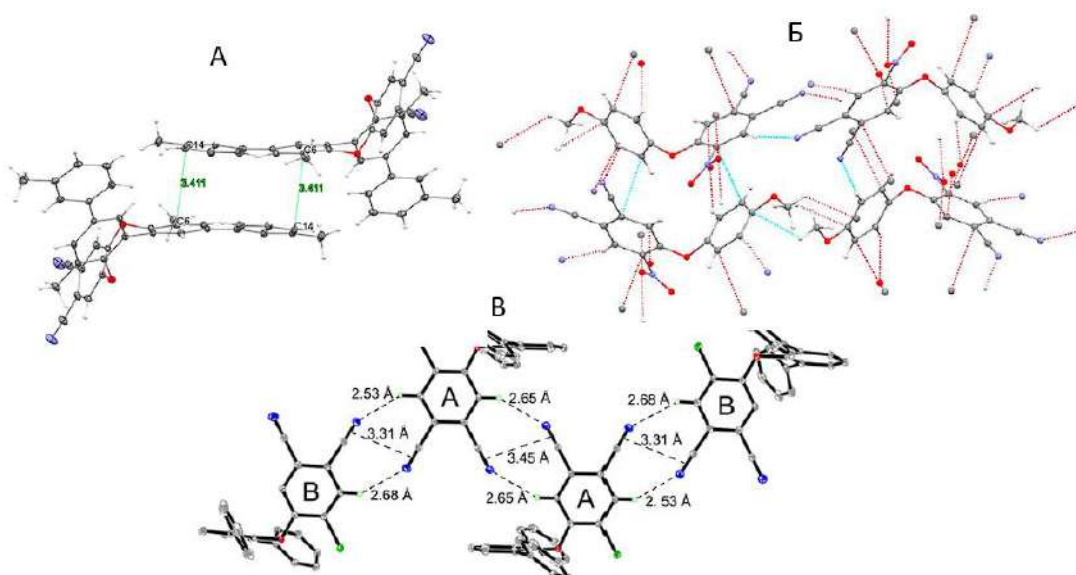
Руководитель работ – д.х.н., профессор Агафонов А.В. (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН)

Публикация:

Sirotkin N., Khlyustova A., Shibaeva V., Agafonov A. A novel method for synthesizing β -C₃N₄ using the plasma-liquid technique. // *Diamond and Related Materials*. – 2025. – V. 158. – a.n. 112644. DOI: 10.1016/j.diamond.2025.112644

5.2. Подходы к синтезу и структура замещенных фталонитрилов и родственных структур

Разработаны и исследованы методы получения и кристаллические структуры ряда функционализированных фталонитрилов – перспективных классов органических соединений, представляющих интерес для создания функциональных материалов с заданными свойствами (высокотемпературные композиты, полупроводники, пигменты). Установлено, что введение различных заместителей (нитро-, хлор-, метокси-, арилокси-групп, ароматических фрагментов) позволяет целенаправленно управлять молекулярной упаковкой в кристалле за счёт формирования специфичных внутри- и межмолекулярных взаимодействий: водородных связей C–H \cdots N, π – π -стэкинга, галоген- π -контактов и взаимодействий типа O \cdots O. Такая тонкая настройка супрамолекулярной организации напрямую влияет на физико-химические характеристики материалов, включая термическую стабильность, оптические свойства и способность к образованию упорядоченных надмолекулярных архитектур. Полученные структурные данные закладывают основу для рационального дизайна новых производных с улучшенными функциональными свойствами.



Молекулярная структура и межмолекулярные взаимодействия в замещенных фталонитрилах: А - 4,11-диметил-2,13-ди(м-толил)трибензо[*b,e,g*][1,4]диоксоцин-7,8-дикарбонитрил, Б - 5-нитро-4-(4-метоксифеноксифталонитрил, В - 4-([1,1':3',1''-терфенил]-2'-илокси)-5-хлорфталонитрил.

Руководитель работ – д.х.н., профессор Вашурин А.С. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикации:

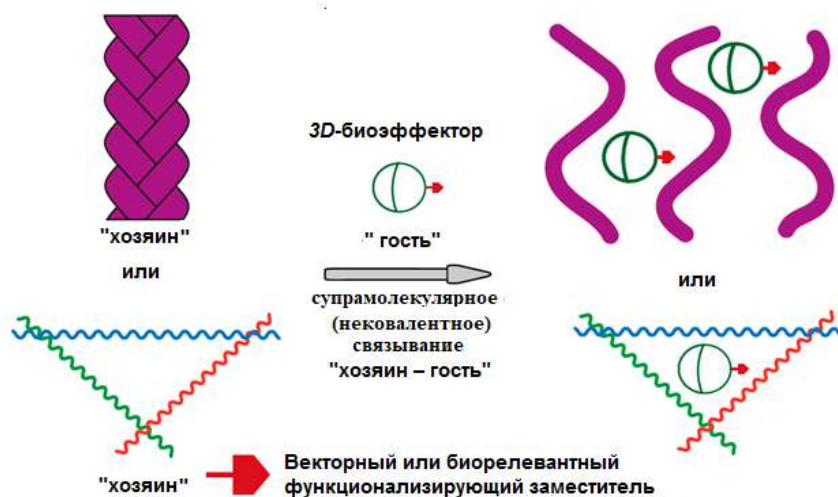
Erzunov D., Rassolova A., Abramov I., Maizlish V., Rumyantsev R., Vashurin A. Synthesis and Crystal Structure of 5-Nitro-4-(4-methoxyphenoxy)phthalonitrile // Molbank. – 2025. – V. 2025. – a.n. M1946. DOI: 10.3390/M1946

Erzunov D., Baklagin V., Abramov I., Maizlish V., Rumyantsev R., Vashurin A. 4-([1,1':3',1''-Terphenyl]-2'-yloxy)-5-chlorophthalonitrile // Molbank. – 2025. – V. 2025. – a.n. M2028. DOI: 10.3390/M2028

Erzunov D., Baklagin V., Bukhalin V., Abramov I., Suponitsky K.Y., Vashurin A. 4,11-Dimethyl-2,13-di-m-tolyltribenzo[*b,e,g*][1,4]dioxocine-7,8-dicarbonitrile // Molbank. – 2025. – V. 2025. – a.n. M2059. DOI: 10.3390/M2059

5.3. Новый подход к решению проблемы лекарственной резистентности

Предложен новый подход к решению проблемы лекарственной резистентности, основанный на использовании альтернативных и улучшенных фармакологических принципов. Он включает использование аллостерических (удаленных от активного центра) ингибиторов действия целевых биомакромолекул или биосистем и/или генерацию развернутых макромолекул или таковых неправильно упакованных под действием абиотических (не имеющих аналогов в природе) и синтетических трёхмерных молекул полиэдрических неорганических и металлокомплексных соединений, которые могут влиять как на аллостерические центры, так и внешние поверхности (интерфейсы) межмакромолекулярных взаимодействий. В первом случае, аллостерические сайты как «хозяева» могут быть стерически заблокированы такими структурно-жесткими трёхмерными биоэффе́кторами как «гостями». Поскольку биорецепторы «хозяина» распознают только их внешнюю поверхность, природа их абиотических и синтетических молекулярных платформ не играет существенной роли в соответствующем супрамолекулярном связывании «хозяин – гость». Другой механизм их действия, основанный на блокировании поверхности межмакромолекулярных ассоциатов, приводит к образованию ошибочно-свернутых макромолекулярных комплексов или их полной дезинтеграции. Таким образом, трёхмерные молекулы полиэдрических неорганических и металлокомплексных соединений, внешняя поверхность которых содержит биорелевантные или биоактивные группы, являются перспективными кандидатами для лекарственной терапии онкологических и вирусных заболеваний без возникновения лекарственной резистентности.



Руководитель работ – член-корреспондент РАН Волошин Я.З. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова)

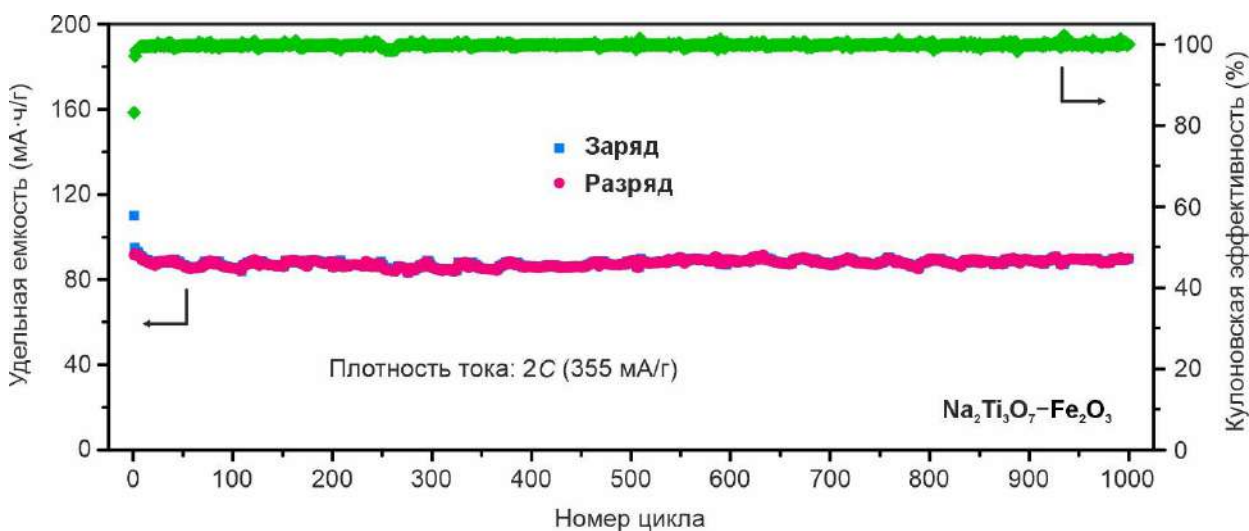
Публикация:

Voloshin Y.Z. Alternative Approach to Avoid Drug Resistance: Polyhedral Inorganic and Metallomacrobicyclic 3D-Shaped Guests Strongly Binding to Allosteric Sites and/or Macromolecular Interfaces // Chemistry – An Asian Journal. – 2025. – V. 20. – a.n. e01842. DOI: 10.1002/asia.202401842

5.4. Способ получения нанокompозитного анодного материала для натрий-ионных аккумуляторов

Разработан способ получения нанокompозитного анодного материала для натрий-ионных аккумуляторов на основе нанотрубок $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$ и наносфер Fe_2O_3 с улучшенными функциональными свойствами. Испытания полученного анодного материала в натриевой ячейке показали, что нанокompозит $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7\text{--Fe}_2\text{O}_3$ демонстрирует обратимую емкость (220 мА·ч/г при плотности тока 0.1С), значительно превосходящую теоретический возможную для $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$. При высоких токовых нагрузках 3С и 4С обратимая емкость нанокompозитного материала существенно выше (65 и 50 мА·ч/г соответственно), чем у немодифицированного $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$ (20 и 10 мА·ч/г).

Наноккомпозит $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7\text{-Fe}_2\text{O}_3$ продемонстрировал хорошую циклируемость. После 1000 циклов заряда–разряда при плотности тока $2C$ его удельная емкость составила примерно $90 \text{ mA}\cdot\text{ч}/\text{г}$. В отличие от литий-ионных, натрий-ионные аккумуляторы, собранные на базе разработанного анодного материала, могут успешно эксплуатироваться при отрицательных температурах.



Зависимость удельной емкости и эффективности от номера цикла при плотности тока $2C = 355 \text{ mA}/\text{г}$ для наноккомпозита $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в натриевой ячейке.

*Руководители работ – академик РАН Гнеденков С.В., к.х.н. Опра Д.П.
(Институт химии ДВО РАН)*

Публикация:

Opra D.P., Neumoin A.I., Sinebryukhov S.L., Sokolov A.A., Stonkus O.A., Ustinov A.Yu., Gerasimenko A.V., Gnedekov S.V. Hierarchical nanocomposite based on $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$ and Fe_2O_3 for electrochemical sodium ion storage: Preparation and characterization // Journal of Energy Storage. – 2025. V. – 128. – a.n. 117227. DOI: 10.1016/j.est.2025.117227

5.5. Способ формирования эффективных гибридных smart-покрытий для расширения области практического применения магниевых сплавов

Предложены потенциальные решения по преодолению ограничений, связанных с применением в медицине магниевых имплантатов, путем формирования биосовместимых гибридных покрытий для контролируемой коррозионной деградации биорезорбируемого материала. Разработаны методы повышения коррозионной стойкости биодеградируемого магниевого сплава МА8 путем модификации слоя, сформированного с использованием метода плазменного электролитического окисления, поликапролактона и нанотрубок галлуазита, пропитанных ингибитором коррозии – бензотриазолом. Образцы с гибридными слоями показали самую низкую скорость деградации (0,021 мм/год) после выдержки в физиологическом растворе Хэнкса. Выявлен механизм деградации образцов с гибридными покрытиями.

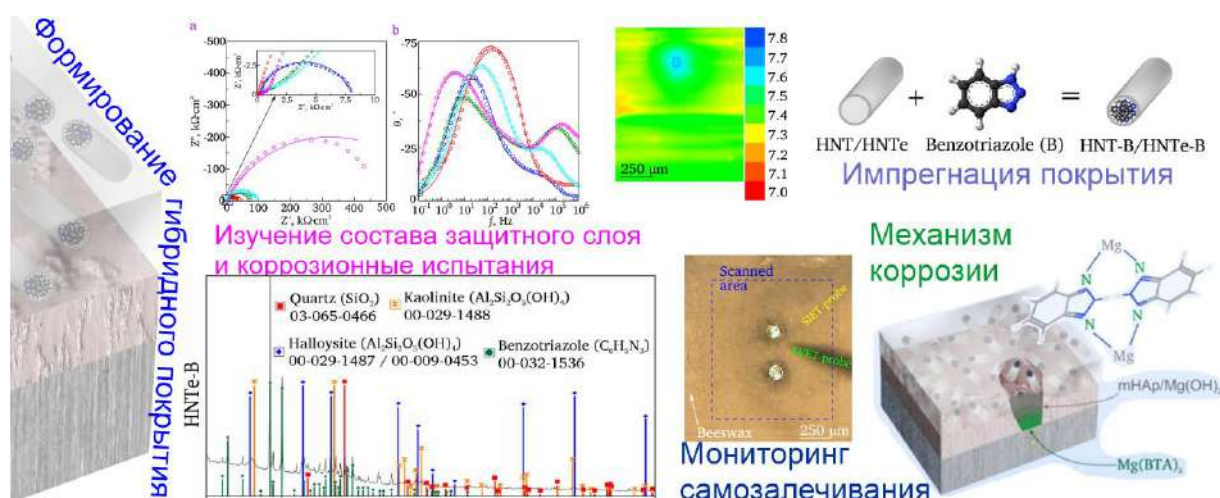


Схема исследовательского процесса, включающая состав формируемого покрытия и используемые методы исследования свойств гибридных слоев.

Полученные эффективные самовосстанавливающиеся слои перспективны для регулирования скорости резорбции биомедицинских изделий (имплантатов) на основе магния. Сформированные защитные smart-покрытия обеспечивают пролонгированную защиту от коррозионной деградации даже в случае повреждения материала, что принципиально важно

при использовании как в промышленности, так и в имплантационной хирургии.

Руководители работ – д.х.н., профессор РАН Гнеденков А.С., член-корреспондент РАН Синебрюхов С.Л. (Институт химии ДВО РАН)

Публикации:

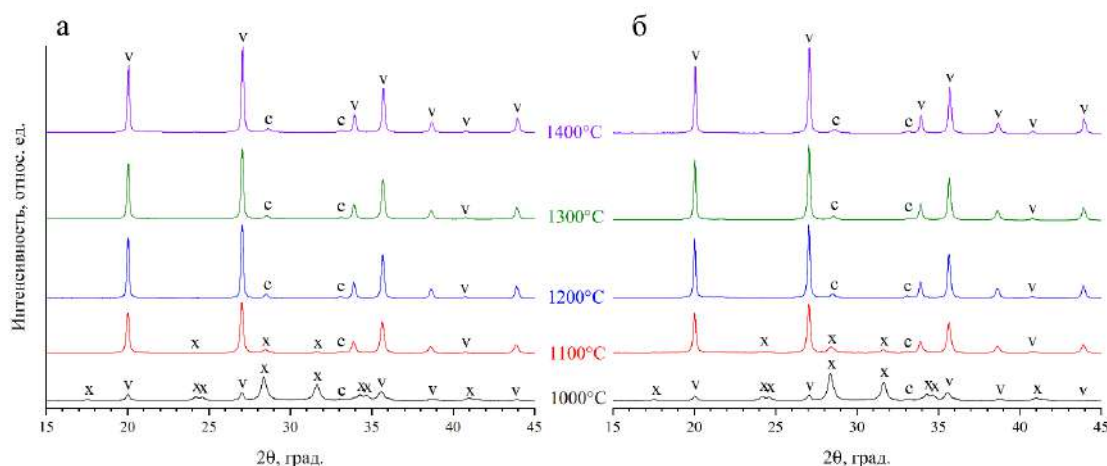
Gnedenkov A.S., Sinebryukhov S.L., Marchenko V.S., Nomerovskii A.D., Ustinov A.Y., Fattah-alhosseini A., Gnedenkov S.V. Efficient and smart hybrid coatings for active corrosion protection of magnesium alloys // Journal of Magnesium and Alloys. – 2025. – V. 13. – P. 4475–4499. DOI: 10.1016/j.jma.2025.07.017

Гнеденков А.С., Синебрюхов С.Л., Марченко В.С., Номеровский А.Д., Кононенко Я.И., Сергиенко В.И., Гнеденков С.В. Самозалечивающиеся покрытия для защиты функциональных материалов от коррозии: стратегии формирования, механизм действия / под общ. ред. Гнеденкова А.С., Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2025. – 358 с. DOI: 10.22184/978-5-94836-717-0

5.6. Способ получения керамических матриц на основе силиката гафния для иммобилизации радионуклидов

Разработан новый метод получения синтетического гафнона (силиката гафния), который благодаря своим исключительным физико-химическим, механическим свойствам может применяться в полупроводниковых приборах, эксплуатирующихся в экстремальных условиях. Кроме того, керамика на основе гафнона изоморфна силикатам актиноидов, перспективно ее использование в качестве матрицы для иммобилизации радионуклидов. Метод синтеза церий-содержащих матриц заключается в механоактивации смеси кремнезема, диоксида гафния и диоксида церия (имитатор плутония) с последующей термообработкой. По результатам исследований установлены

оптимальные условия термообработки смеси (рисунок) и показано, что диоксид гафния полностью реагирует с кремнеземом после термообработки МА-смеси в течение 3 часов при 1200 °С и выше. При этом основной фазой является Се-содержащий гафнон (Hf,Ce)SiO₄, и в заметно меньшем количестве присутствует Hf-содержащий церианит (Ce,Hf)O₂. Установлено, что наибольшая концентрация Се в гафноне соответствует области температур прокаливания 1200–1300 °С (2,3-2,7 ат. %).



Рентгенограммы механоактивированных смесей SiO₂+HfO₂+CeO₂ после термической обработки в течение 3 ч при различных температурах: а – SiO₂ реактивный, б – SiO₂ из шлака. Обозначения твердых фаз: v – HfSiO₄ тетраг., с – CeO₂ куб., х – HfO₂ монокл.

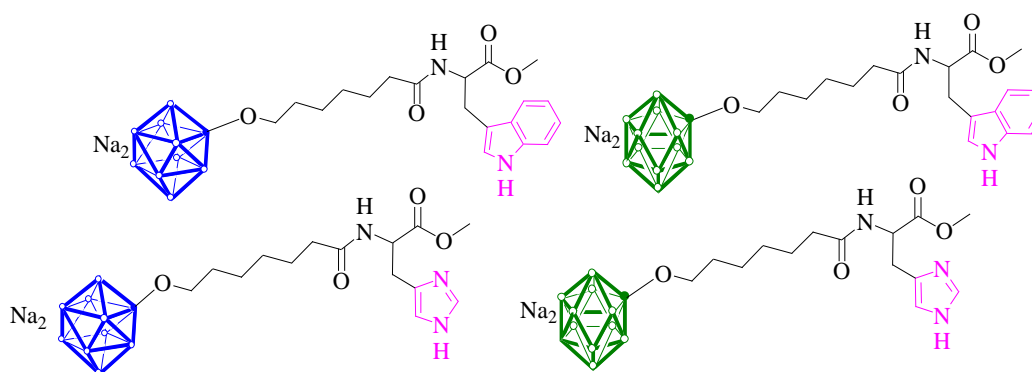
Руководитель работ – д.х.н. Калинин А.М. (Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН)

Публикация:

Кузьменков О.А., Калинин А.М. Синтез церийсодержащих твёрдых растворов на основе силиката гафния с применением механоактивации // Труды Кольского Научного Центра РАН. Серия: технические науки. – 2024. – Т. 15. – С. 269-275. DOI: 10.37614/2949-1215.2024.15.1.044

5.7. Перспективные противовирусные агенты на основе конъюгатов кллозо-бороводородных анионов $[B_nH_n]^{2-}$ ($n = 10, 12$) с аминокислотами и исследование их активности в отношении резистентных штаммов гриппа А

На основе кластерных анионов бора синтезированы новые водорастворимые натриевые соли $Na_2[B_nH_{n-1}O(CH_2)_6C(O)X]$ ($n = 10, 12$), содержащие карбоксильные заместители с фрагментами эфиров аминокислот (Trp, His), отделенные от бороводородного кластера пendantsким алкоксильным спейсером. Пр продемонстрирована дозозависимая противовирусная активность в отношении резистентных к стандартным терапиям (осельтамивир, занамивир, блокаторы канала M2) штаммов вируса гриппа A/Cheboksary/125/2020 (H1N1)pdm09 и A/IIV-Orenburg/83/2012 (H1N1)pdm09 ($IC_{50} = 5.0$ мкг/мл). Результаты подтверждают потенциал производных борных кластеров как универсальных платформ для создания новых противовирусных препаратов.



Строение замещенных производных кластерных анионов бора с пendantsкими фрагментами эфиров аминокислот (Trp, His) с перспективными противовирусными свойствами.

Руководитель работ – академик РАН Кузнецов Н.Т. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикации:

Garaev T.M., Yudin I.I., Breslav N.V., Grebennikova T.V., Evgenii Yu. Matveev, Eshtukova-Shcheglova E.A., Sokolov I.E., Avdeeva V.V., Zhizhin

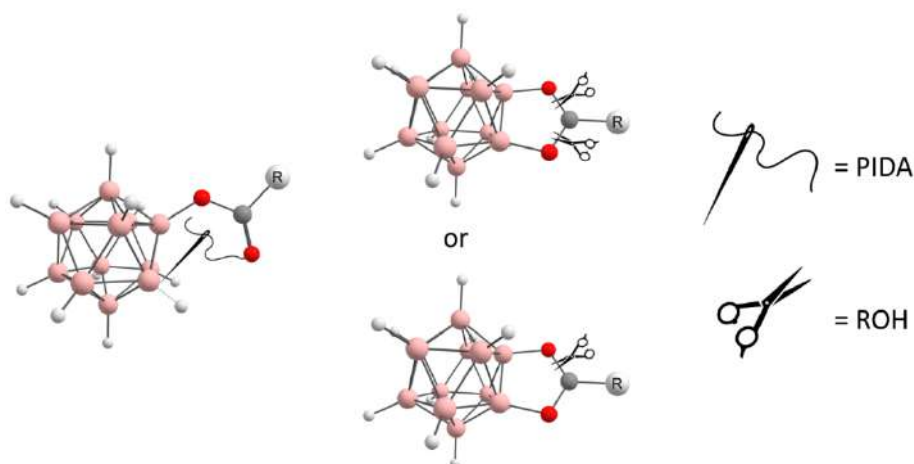
K.Yu., Kuznetsov N.T. Exploring the Anti-Influenza Activity of *closo*-Borate Platforms: Structure–Activity Relationship of Amino Acid-Functionalized *closo*-Dodecaborate Derivatives Against Influenza Virus A/Cheboksary/125/2020 (H1N1)pdm09 // *Molecules*. – 2025. – V. 30. – a.n. 4225. DOI: 10.3390/molecules30214225

Гараев Т.М., Юдин И.И., Бреслав Н.В., Гребенникова Т.В., Бурцева Е.И., Матвеев Е.Ю., Ештукова-Щеглова Е.А., Соколов И. Е., Авдеева В.В., Жижин К.Ю., Кузнецов Н.Т. In vitro исследование противовирусных свойств соединений на основе тетрагидропиранового производного *клозо*-декаборатного аниона с остатками эфиров аминокислот в отношении вируса гриппа A/IV-Orenburg/83/2012(H1N1)pdm09 // *Журнал неорганической химии*. – 2025. – Т. 70. – С. 232-243. DOI: 10.31857/S0044457X25020093

5.8. Разработка новых подходов к получению карбоксоновых производных *клозо*-декаборатного аниона

Предложен новый синтетический подход к получению 1,2-дизамещенных карбоксоновых производных $[1,2-B_{12}H_{10}O_2CR]^-$. Данный процесс включает в себя две последовательные стадии: ацилирование гидроксипроизводного $[B_{12}H_{11}OH]^{2-}$ и последующая циклизация, промоутируемая (диацетоксиiodo)бензолом. Установлено, что природа заместителя R в $[1,2-B_{12}H_{10}O_2CR]^-$ существенно влияет на стабильность B_2O_2C -цикла по отношению к O-нуклеофилам. Было показано, что в зависимости от нуклеофильности реагента могут быть получены как дигидроксипроизводные, так и смешанные производные, содержащие одновременно гидроксильную и ацилоксигруппу. Таким образом, были предложены новые и универсальные подходы по получению ацилокси-, гидрокси-, карбоксоновых, а также смешанных производных *клозо*-декаборатного аниона, что позволяет проводить тонкую настройку свойств кластерных систем. Целевые системы будут использованы для получения

молекулярных платформ с потенциальной фармакологической активностью (антибактериальной, противовирусной, туморотропной)



Руководитель работ – академик РАН Кузнецов Н.Т. (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН)

Публикация:

Kolbunova A.V., Klyukin I.N., Nelyubin A.V., Kubasov A.S., Selivanov N.A., Bykov A.Yu., Zhdanov A.P., Zhizhin K.Yu., Kuznetsov N.T. Ring-Closing and Ring-Opening of *closo*-B₁₂-Fused Carboxonium Ions: PIDA-Mediated Synthesis and Reactivity toward Neutral O-Nucleophiles // *Organometallics*. – 2025. – V. 44. – P. 2882-2891. DOI: 10.1021/acs.organomet.5c00398

5.9. Биоразлагаемые полимерные носители с неорганическими нанонаполнителями для пищевой промышленности

Разработаны новые методы получения композитных материалов на основе природных полисахаридов и неорганических нанонаполнителей — multifunctionальных систем для пищевой промышленности. Основа подходов — контролируемое получение наночастиц магнетита, гидроксиапатита, бёмита и слоистых двойных гидроксидов с заданными морфологическими и структурными параметрами, для чего используются легко масштабируемые «мокрые» методы, такие как соосаждение и

гидротермальный синтез. Наночастицы либо вводятся в состав альгинатных гранул на стадии их формирования, либо синтезируются непосредственно в присутствии хитозана (in-situ модификации). Полученные материалы служат универсальной биоразлагаемой платформой для решения задач пищевой промышленности, включая пролонгированную доставку антиоксидантов и селективную очистку продуктов от нежелательных компонентов.



Схематичное изображение проведенного исследования.

Руководитель работ – к.х.н. Осмоловская О.М. (Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии)

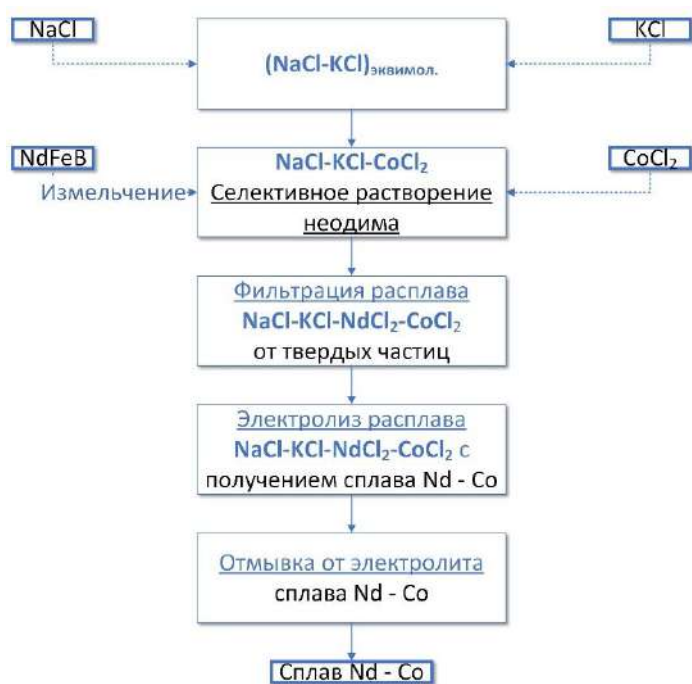
Публикации:

Rashitova K., Pavlova O., Trusova M., Bobrysheva N., Osmolowsky M., Voznesenskiy M., Osmolovskaya O. Chitosan flakes modified with inorganic nanoparticles as adsorbent of proteins and polyphenols for haze-preventing in apple wines // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2025. – V. 727. – a.n. 138123. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2025.138123

Voskanyan L.A., Markarian A.A., Meshina K.I., Isakova E.N., Glavinskaya V.O., Syukkalova E.A., Bobrysheva N.P., Osmolowsky M.G., Voznesenskiy M.A., Razavi H.S., Osmolovskaya O.M. New prospects for the food industry: Edible beads filled with boehmite and hydroxyapatite nanoparticles for

5.10. Извлечение неодима из сплава NdFeB в солевых расплавах

Предложен метод извлечения неодима из отработавших неодимовых магнитов с использованием расплавленных солей. Метод основан на выщелачивании неодима хлоридом кобальта из NdFeB. Процесс выщелачивания протекает в два этапа: на первом этапе, который продолжается пока в расплаве присутствуют катионы кобальта, из NdFeB в расплав переходят катионы железа, бора и неодима.



Принципиальная схема извлечения неодима из NdFeB в расплаве NaCl-KCl-CoCl₂

Трихлорид бора испаряется из расплава и конденсируется в «холодной» части электрохимической ячейки. На втором этапе катионы железа участвуют в выщелачивании неодима и бора из сплава, расплав при этом самопроизвольно очищается от железа. Выявлено, что скорость извлечения неодима практически не зависит от содержания кобальта и железа в расплаве. По всей видимости, процесс в целом лимитируется диффузией

неодима от поверхности образца NdFeB. Показано, что степень извлечения неодима из NdFeB уменьшается с повышением температуры процесса, что хорошо согласуется с термодинамическими расчетами. В результате предложена принципиальная схема (рисунок1) по переработке вышедших из употребления магнитов на основе сплава NdFeB с использованием расплавленных солей.

Руководитель работ – к. х. н. Стулов Ю.В. (Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН)

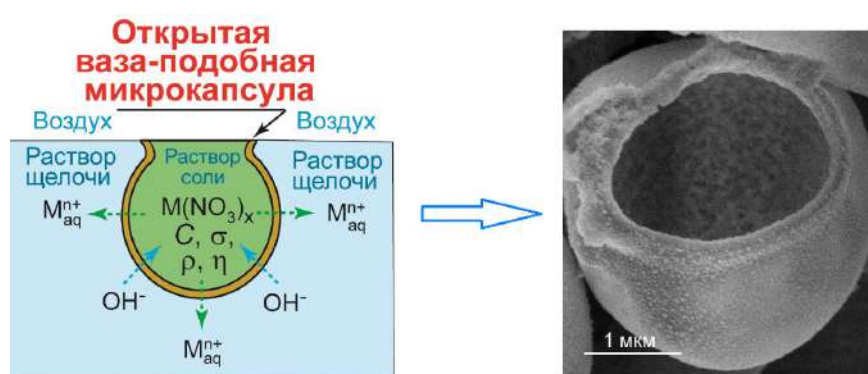
Публикация:

Стулов Ю.В., Попова А.В., Кузнецов С.А. Извлечение неодима из сплава NdFeB в солевых расплавах // Расплавы. – 2005. – № 6. – С. 623-639
DOI: 10.31857/S0235010625060061

5.11. Обоснование методологии создания ориентированных массивов открытых ваза-подобных микрокапсул со стенками из труднорастворимых оксигидроксидов металлов

Выполнены работы по дальнейшему обоснованию нового приоритетного подхода при получении микрокапсул со стенками из широкого круга труднорастворимых оксигидроксидов металлов, основанного на реакциях быстрого гидролиза катионов металлов в микрокаплях водных растворов при их нанесении на поверхность раствора щелочи. Показано, что в условиях таких реакций образуются, как правило, так называемые Ваза-Подобные Микрокапсулы (ВММ), характеризующиеся наличием в стенке отверстия со своеобразным ободком. К настоящему времени с использованием данной методологии синтезирован широкий круг микрокапсул со стенками, например из Ni_xFeOH , $Mn_3O_4 \cdot nH_2O$, $Cu(OH)_2/CuO$, $Co_3O_4 \cdot nH_2O$, $CeO_2 \cdot nH_2O$ и $CeO_2:Eu_x \cdot nH_2O$, $LaOOH$ и др. Подобные ВММ могут быть перенесены на

поверхность различных подложек и образовывать на них 2 типа упорядоченных массивов с различным направлением расположения отверстия по отношению к подложке, а именно, в сторону подложки или противоположную. Показана возможность практического применения таких ВПМ в качестве фотонных материалов, фототермических катализаторов со свойствами «нанотеплиц», различных видов электродных материалов для электрохимической энергетики и газовых сенсоров, микрореакторов и микромашин и т.д., а также обозначены перспективы дальнейшего развития данной методологии.



Схематичное изображение процесса формирования ваза-подобной микрокапсулы на поверхности раствора щелочи и СЭМ изображение одной из таких микрокапсул.

Руководитель работ – д.х.н. профессор Толстой В.П. (Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии)

Публикации:

Tolstoy V., Golubeva A., Moskvina T., Hu X., Sohail M., An X., and He L. Strategies for the synthesis of open vase-like microcapsule ordered arrays with transition metal oxyhydroxide walls and their possible practical applications // *Nanoscale*. – 2025. – V. 17. – a.n. 23883. DOI: 10.1039/d5nr02646f

Golubeva A.A., Meleshko A.A., and Tolstoy V.P. // Fast Hydrolysis in the Microdroplets of an Aqueous Solution of CuSO_4 on the Surface of an Alkali Solution and the Formation of Ordered Arrays of Open Microspheres with $\text{Cu}(\text{OH})_2$ Nanocrystal Walls // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. – 2025. – V. 70. No. 2. – pp. 290-297. DOI: 10.1134/S0036023624603441

КОНТАКТЫ

сайт: <https://inorgchem.ru>

электронная почта: inorgchem@igic.ras.ru

телефон: +7 (495) 775 – 65 – 85 (доб. 112)

адрес: 119071, Москва, Ленинский проспект, 31

**Научный совет РАН
по неорганической химии**