

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук**

**(ИНХ СО РАН)**

**Отчет по основной референтной группе 7 Неорганическая химия, химия твердого тела, материаловедение**

Дата формирования отчета: **19.05.2017**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Инфраструктура научной организации**

#### **1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр**

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

#### **2. Информация о структурных подразделениях научной организации**

Научная специализация:

**ОТДЕЛ ХИМИИ КООРДИНАЦИОННЫХ, КЛАСТЕРНЫХ И СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

1. Лаборатория химии кластерных и супрамолекулярных соединений
2. Лаборатория химии экстракционных процессов
3. Лаборатория клатратных соединений
4. Лаборатория химии полиядерных металл-органических соединений
5. Лаборатория химии редких платиновых металлов
6. Лаборатория химии комплексных соединений
7. Лаборатория синтеза комплексных соединений
8. Лаборатория химии летучих координационных и металлоорганических соединений
9. Лаборатория синтеза кластерных соединений и материалов

**ОТДЕЛ ХИМИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

1. Лаборатория физикохимии наноматериалов



057585

2. Лаборатория термодинамики неорганических материалов
3. Лаборатория синтеза и роста монокристаллов соединений РЗЭ
4. Аналитическая лаборатория
5. Лаборатория эпитаксиальных слоёв
6. Лаборатория физики низких температур
7. Лаборатория роста кристаллов
8. Лаборатория химии углеродных материалов
9. Технологическая группа по выращиванию оксидных кристаллов

#### ОТДЕЛ СТРУКТУРНОЙ ХИМИИ

1. Лаборатория кристаллохимии
2. Лаборатория спектроскопии неорганических соединений
3. Лаборатория физической химии конденсированных сред
4. Лаборатория физико-химических методов исследования газовых сред

#### НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

Ненаучная специализация:

АДМИНИСТРАТИВНО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

ОТДЕЛ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ВАСПИРАНТУРЕ

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

### **3. Научно-исследовательская инфраструктура**

Центр коллективного пользования – ЦКП ИНХ СО РАН

Дорогостоящее научное и высокотехнологичное оборудование:

1. Установки для выращивания большеразмерных оксидных кристаллов (5 шт)
2. Рентгеновский дифрактометр Bruker-Nonius X8APEX
3. Электронный сканирующий атомно-силовой микроскоп Solver Pro (НТ-МДТ)
4. Лазерный масс-спектрометр ЭМАЛ-2
5. Дуговой атомно-эмиссионный спектрометр PGS-2+МАЭС
6. Атомно-эмиссионный спектрометр с дуговым плазмотроном Гранд
7. Атомно-абсорбционный спектрофотометр SOLAAR (2 шт)
8. Спектрофотометр УФ-, видимого диапазона UV-2201 Shimadzu
9. Атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой iCAP 6500
10. Сканирующий калориметр DSC 204 F1 NETZSCH
11. СНН анализатор EuroEA3000 компании Eurovector
12. Спектрофлуориметр Cary Eclipse
13. ЯМР спектрометр со сверхпроводящим магнитом Bruker ADVANCE 500
14. Порошковый дифрактометр Shimadzu RXD 7000S
15. Рентгеновский дифрактометр Bruker DUO
16. Термоанализатор STA 449 F1 Jupiter (NETZSCH)



17. Сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM 6700F
18. Настольный сканирующий электронный микроскоп TM 3000
19. Фотон-корреляционный спектрометр 90Plus
20. Вычислительный кластер HP DL380G7 + SL390s
21. Спектрометр ИК Фурье Scimitar FTS-2000
22. Автоматизированный высокотемпературный пресс
23. Дифференциальный рефрактометр BI-DNDC (Brookhaven instr., USA)
24. Хромато-масс-спектрометр Agilent 6130 Single Quadrupole LC/MS (Agilent, USA)
25. Спектрофлуориметр Fluorolog-3 (HORIBA)
26. Рамановский спектрометр LabRAM HR UV-VIS-NIR Evolution
27. Монокристалльный дифрактометр Agilent Technologies Xcalibur
28. Сорбтометр Autosorb-iQ, Quantochrom
29. Сорбтометр MP Autosorb-iQ-MP, Quantochrom

**4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований**

Информация не предоставлена

**7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона**

Гранты правительства Новосибирской области на проведение прикладных научных исследований и завершение опытно-конструкторских работ: 1) Проект «Получение сплавов, содержащих благородные и тугоплавкие металлы». Сплавы благородных и тугоплавких металлов являются востребованными материалами, применяемыми в различных областях современной техники от электроники до тяжелого машиностроения. Разработка методов получения таких сплавов с регулируемым составом, как материалов с передовыми качествами – одно из приоритетных направлений научно-технической деятельности (металлургия и металлообработка) и является необходимым условием развития инновационной деятельности на территории Новосибирской области. 2) Проект «Пористые металл-органические координационные полимеры: перспективный класс новых функциональных



материалов». Пористые координационные полимеры перспективны для разделения, сорбции и хранения газов (прежде всего водорода), в качестве катализаторов, для создания лекарств пролонгированного действия и др. Все исследуемые в работе реакции широко используются в промышленности, поэтому поиск новых эффективных катализаторов является не только интересной теоретической, но и важной практической задачей. 3) Проект «Защитные композиционные экраны на основе углеродных нанотрубок для снижения влияния электромагнитного излучения». Значимость проекта для города Новосибирска обусловлена развитием областей приложения техники, создающей электромагнитные поля в окружающем пространстве, и востребованностью разработки универсальных пассивных средств защиты от внешних полей. Ввиду простоты предлагаемой технологии композитные материалы могут быть использованы для создания защитных покрытий для широкого класса приборов и практических применений.

### **8. Стратегическое развитие научной организации**

Мартин Шродер, профессор Университета Ноттингем (Великобритания) – ведущий ученый, работающий в рамках реализации гранта Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, научных учреждениях государственных академий наук и государственных научных центрах Российской Федерации, грант № 14.Z50.31.0006 «Пористые металл-органические координационные полимеры: от фундаментальной науки к новым функциональным материалам».

Першин Юрий Владимирович, профессор Университета Южной Каролины (США) – ведущий ученый, работающий в рамках реализации гранта Российского научного фонда «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований в небольших группах под руководством ведущих российских и зарубежных ученых», грант № 15-13-20021 «Эффекты памяти в нанокompозитах графена: фундаментальные аспекты и приложения».

## **Интеграция в мировое научное сообщество**

### **9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год**

1) CNRS n°091065, Réf CEA : X 18546 – Réf PSUD : N 8847 P. Грант Национального научно-исследовательского центра (CNRS) Франции, Consortium Agreement of project LUMINEU. Страны-участники: Франция, Украина, Россия. Название проекта "Разработка методики выращивания опытных образцов оптических элементов молибдата цинка (ZnMoO<sub>4</sub>)". Статус и роль – организация-партнер.



2) MCA-IRSESGA-2013-612577. Грант Исследовательского агентства Марии Кюри для международных научных обменов (Marie Curie Actions). Страны-участники: Германия, Австрия, Франция, Бельгия, Китай, Россия. Название проекта "Регулирование свойств наноуглерода при фторировании". Статус и роль – организация-партнер.

3) Грант LIA – международная ассоциированная лаборатория. LIA CLUSPOM "Innovative Materials and Nanomaterials Based on Tailor-Made Functional Building Blocks", "Инновационные материалы и наноматериалы, основанные на сконструированных функциональных строительных блоках". Страны-участники: Франция, Россия. Статус и роль – организация-партнер.

**10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год**

1. CNRS n°091065, Réf CEA : X 18546 – Réf PSUD : N 8847 P Грант Национального научно-исследовательского центра (CNRS) Франции, Consortium Agreement of project LUMINEU. Партнеры: Центр ядерной спектromетрии и масс-спектрометрии (Орсей, Франция); Институт космической астрофизики (Орсей, Франция); Комиссариат атомной энергетики (Сакле, Франция); Институт химии конденсированных сред (Бордо, Франция); Киевский институт ядерных исследований (Киев, Украина). «Разработка методики выращивания опытных образцов оптических элементов молибдата цинка (ZnMoO<sub>4</sub>)». Период 2013-2016. Впервые выращены кристаллы ZnMoO<sub>4</sub> весом более 1,5 кг из натурального Мо и обогащенного до 99,5% 100Мо. Из кристаллов изготовлены рабочие элементы сцинтилляционных криогенных болометров с размерами, запланированными в проекте. Подтверждены низкие показатели по потерям исходных веществ. Безвозвратные потери обогащенного молибдена на всех стадиях подготовки исходных веществ и роста кристаллов не превысили 2 %. Вес кристалла составил более 80% от исходной загрузки. Предварительная проверка сцинтилляционных характеристик элементов, при температурах 15-20 мК показала высокую чувствительность детекторов и отвечает требованиям для регистрации редких процессов двойного бета-распада на ядрах 100Мо.

2. Мегагрант № 14.Z50.31.0006. Пост. Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 220 "О мерах по привлечению ведущих ученых в российские образовательные учреждения высшего профессионального образования", Великобритания. Партнер: Мартин Шродер, гражданин Великобритании, профессор Университета Ноттингем. "Пористые металл-органические координационные полимеры: от фундаментальной науки к новым функциональным материалам". Период 2014–2016. Проведены эксперименты по целенаправленной



пост-синтетической функционализации органических лигандов мезопористого каркаса MIL 101 с целью получения химически устойчивых каталитических систем. Подробно исследованы сорбционные свойства пористых координационных полимеров, получены количественные характеристики по удельной поверхности, объему пор, теплоте адсорбции. К наиболее важным результатам относится обнаружение латеральных взаимодействий при сорбции водорода в каркас MIL-101 и необычно высокой адсорбции CO<sub>2</sub> для микропористого координационного каркаса [Zn<sub>2</sub>(tdc)<sub>2</sub>(dabco)]. Получены координационные полимеры с каталитическими центрами основной природы, изучена реакция Генри и сделаны выводы о факторах, влияющих на выход и селективность каталитических процессов.

3. РФФИ 15-13-20021, Партнер: Першин Юрий Владимирович, гражданин Украины, профессор Университета Южной Каролины, США. “Эффекты памяти в нанокompозитах графена: фундаментальные аспекты и приложения”. Период 2015-2017. Разработаны методы изготовления 4-х типов мембран: 1) на основе термически расширенного графита, 2) на основе окиси графита, 3) с использованием однослойных углеродных нанотрубок и 4) методом осаждения углерода непосредственно на поверхность кремния. Мембраны 2-го и 4-го типа использовались для демонстрации принципов работы мемконденсатора. Проведено моделирование переключения мембранного мемконденсатора методами молекулярной динамики и функционала электронной плотности.

4. РФФИ 14-03-90006 Бел-а, Беларусь. Партнер: Научно-исследовательский институт физико-химических проблем Белорусского государственного университета. “Разработка и исследование молекулярных магнетиков и магнитно-бистабильных систем на основе комплексов 3d-металлов с азолами”. Период 2014-2015. Разработаны методики синтеза новых комплексов железа(II) с трис(пиразол-1-ил)метанами. Проведена идентификация и магнетохимическое исследование комплексов состава Fe(t-BuPyTz)<sub>2</sub>(NCS)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O, Cu<sub>2</sub>LCl<sub>4</sub> и Cu<sub>2</sub>LBr<sub>4</sub>. Показано, что знак обменных взаимодействий в димерах Cu<sub>2</sub>LCl<sub>4</sub> и Cu<sub>2</sub>LBr<sub>4</sub> зависит от аниона в составе комплексов. Методами ЦВА изучены электрохимические свойства ряда комплексов железа(II) с 4-амино-1,2,4-триазолом, обладающих спин-кроссовером.

5. РФФИ 14-03-90028 Бел-а, Беларусь. Партнер: Научно-исследовательское учреждение «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета (НИИ ЯП БГУ). “Влияние туннельных и размерных эффектов на оптические и электромагнитные свойства тонких пленок из одностенных углеродных нанотрубок”. Период 2014-2015. Разработаны методики изготовления анизотропных композиционных материалов на основе углеродных нанотрубок в полимерной матрице на основе холодного прессования, вальцевания и растяжения. Изготовлен стенд для измерения генерации гармоник под действием излучения НЛСЭ образцов ОУНТ на алмазных подложках. Обнаружено, что полученные композиты обладают улучшенными механическими свойствами на сжатие, имеют высокую проводимость и высокую термическую стойкость.



6. РФФИ 14-03-91154-М\_2013, Китай. Партнер: Государственный фонд естественных наук Китая, Институт полупроводников КАН, Пекин (Institute of Semiconductors CAS). "Тонкие пленки для создания перспективных элементов кремниевой фотоники". Период 2014-2015. Проведена оптимизация процессов осаждения слоев аморфного гидрогенизированного нитрида кремния  $\text{SiN}_x\text{:H}$  в плазме ВЧ разряда, пригодных для технологических операций создания приборов кремниевой фотоники. Изучено влияние условий синтеза пленок на величину внутренних механических напряжений. Разработаны процессы химического осаждения из газовой фазы пленок на основе фаз системы Si-C-N-O-H с использованием кремний органических исходных веществ.

7. РФФИ 14-03-91156-М\_2013, Китай. Партнер: Университет химической технологии, Пекин (Beijing University of Chemical Technology (BUCT)), "Синтез и свойства гибридных материалов из нанокремнезема и оксидов(сульфидов) металлов для хранения энергии в литий-ионных аккумуляторах". Период 2014-2015. Разработаны методики синтеза гибридных материалов из углеродных нанотрубок (УНТ) с  $\text{MoS}_2$  и графеновых нанослоев (ГНС) с  $\text{CuO}$ , проведено исследование структуры и электрохимических свойств полученных материалов. Показано, что гидротермальная обработка массива не разрушает вертикальной ориентации нанотрубок, а наночастицы  $\text{MoS}_2$  являются агломератом тонких нанослоев. Тестирование гибридов  $\text{MoS}_2$ /УНТ в ячейках литий-ионных аккумуляторов показало двукратное увеличение емкости по сравнению с исходными УНТ при плотности тока 50 мА/г.

8. РФФИ 14-03-92612 КО-а, Великобритания. Партнер: Университет Астон (Aston University UK). "Гибридные полимерные материалы, содержащие металлокластеры, для применения в биовизуализации". Период 2014-2015. Разработаны и оптимизированы методы синтеза гибридных материалов на основе кластерных комплексов рения или молибдена и органических матриц, таких как полиметилметакрилат, полистирол и пр. Изучены фотофизические показатели материалов и выявлено, что матрицы полностью экранируют кластерное ядро. На человеческих клетках рака гортани показано, что полученные наноразмерные материалы обладают очень низкими показателями токсичности.

9. РФФИ 15-53-45041 ИНД-а, Индия. Партнер: Северо-Восточный Институт науки и технологий, г. Джорхат, Ассам. "Наночастицы металлов на графене, h-BN и на низкоразмерных (2D) халькогенидах переходных металлов". Период 2015-2016. Синтезированы и охарактеризованы дихалькогениды ниобия, тантала, молибдена и вольфрама  $\text{MX}_2$  ( $\text{M}=\text{Nb, Ta, Mo, W}$ ;  $\text{X}=\text{S, Se, Te}$ ). Получены их коллоидные дисперсии в диметилформамиде, ацетонитриле, N-метилпирролидоне, изопропиловом спирте и в смешанных растворителях  $\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH}$ . Методом фотон-корреляционной спектроскопии определены размеры гидродинамических диаметров частиц; установлено, что распределение частиц по размерам зависит как от природы вещества, так и растворителя. Методами атомно-силовой и электронной сканирующей и просвечивающей микроскопии найдено, что дисперсии  $\text{MoS}_2$  и  $\text{MoSe}_2$  содержат тонкие пластинки толщиной около 1-2 нм, а латеральные размеры этих



частиц в среднем колеблются в пределах от ~ 65 до ~ 300 нм, которые намного меньше по сравнению с дисперсиями графена или h-BN.

## НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

### Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

#### 12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Направление V.44. Фундаментальные основы химии

1. Получены новые кластерные комплексы молибдена(IV) с производными 2,2'-бипиридила, обладающие способностью сорбироваться на поверхности диоксида титана и катализировать восстановление воды с образованием водорода. Показано, что наночастицы TiO<sub>2</sub>, модифицированные этими кластерами, имеют высокую фотокаталитическую активность в процессе получения водорода из воды под действием солнечного света. Разработанная фотокаталитическая система для «зеленого» получения водорода не содержит редкие и дорогостоящие элементы и является первым примером системы на основе диоксида титана и кластера переходного металла. (Recatalá D., Llusar R., Gushchin A.L., Kozlova E.A., Laricheva Y.A., Abramov P.A., Sokolov M.N., Gómez R., Lana-Villarreal T. «Photogeneration of Hydrogen from Water by Hybrid Molybdenum Sulfide Clusters Immobilized on Titania» // ChemSusChem. 2015. V. 8. P. 148-157. (IF= 7.116)

2. Разработан новый подход к синтезу октаэдрических гетерометаллических (Re/Mo) халькогенидных кластерных комплексов. Впервые осуществлен прямой синтез кластерного комплекса K<sub>6</sub>[Re<sub>3</sub>Mo<sub>3</sub>S<sub>8</sub>(CN)<sub>4</sub>(CN)<sub>2/2</sub>] с новым 24-электронным гетерометаллическим ядром {Re<sub>3</sub>Mo<sub>3</sub>S<sub>8</sub>} – из сульфидов металлов. Растворение этого полимерного соединения в водном растворе KCN приводит к окислению с образованием солей дискретного парамагнитного кластерного аниона [Re<sub>3</sub>Mo<sub>3</sub>S<sub>8</sub>(CN)<sub>6</sub>]<sup>6-</sup> с 23 валентными электронами. Методом циклической вольтамперометрии показано обратимое одноэлектронное окисление кластерного аниона с образованием устойчивой 22-электронной формы. Богатая окислительно-восстановительная химия кластерных анионов позволяет контролируемо варьировать свойства соединений на их основе. Парамагнитный кластерный анион [Re<sub>3</sub>Mo<sub>3</sub>S<sub>8</sub>(CN)<sub>6</sub>]<sup>6-</sup> представляет практический интерес как компонент магнитоактивных неорганических полимеров. (Gayfulin Y.M., Naumov N.G., Rizhikov M.R., Smolentsev A.I., Nadolnny V.A., Mironov Y.V. «Heterometallic clusters with a new {Re<sub>3</sub>Mo<sub>3</sub>S<sub>8</sub>} core: direct synthesis, properties and DFT calculations» // Chem. Commun. 2013. V. 49. N 85. P. 10019-10021. ИФ = 6,567.)

3. Выделен и структурно охарактеризован [H<sub>2</sub>Ir<sub>2</sub>VW<sub>6</sub>O<sub>24</sub>]<sup>7-</sup> – первый иридий-содержащий полианион типа Андерсона-Эванса и первый структурно охарактеризованный полиоксометалат, содержащий Ir(IV). Его уникальной особенностью является возможность





обратимого одноэлектронного восстановления и окисления. Продуктом одноэлектронного окисления является  $[\text{IrW}_6\text{O}_{24}]^{7-}$ , содержащий иридий в аномально высокой степени окисления +5. Таким образом, продемонстрирована принципиальная способность полиоксометаллатной «матрицы» к стабилизации необычно высоких степеней окисления включенных в неё элементов. Такие соединения представляют интерес для создания новых катализаторов реакций окисления. (Adonin S.A., Izarova N.V., Besson C., Abramov P.A., Santiago-Schuebel B., Koegerler P., Fedin V.P., Sokolov M.N. “An Ir-IV-containing polyoxometalate”// Chem. Commun. 2015. V. 51. P. 1222. (ИФ 6,567)

Статьи:

1. Recatalá D., Llusar R., Gushchin A.L., Kozlova E.A., Laricheva Y.A., Abramov P.A., Sokolov M.N., Gómez R., Lana-Villarreal T. «Photogeneration of Hydrogen from Water by Hybrid Molybdenum Sulfide Clusters Immobilized on Titania» // ChemSusChem. 2015. V. 8. P. 148-157. ИФ = 7,116.

2. Gayfulin Y.M., Naumov N.G., Rizhikov M.R., Smolentsev A.I., Nadolinny V.A., Mironov Y.V. «Heterometallic clusters with a new  $\{\text{Re}_3\text{Mo}_3\text{S}_8\}$  core: direct synthesis, properties and DFT calculations» // Chem. Commun. 2013. V. 49. N 85. P. 10019-10021. ИФ = 6,567.

3. Adonin S.A., Izarova N.V., Besson C., Abramov P.A., Santiago-Schuebel B., Koegerler P., Fedin V.P., Sokolov M.N. “An Ir-IV-containing polyoxometalate”// Chem. Commun. 2015. V. 51. P. 1222. ИФ 6,567.

4. Abramov P.A., Vicent C., Kompankov N.B., Gushchin A.L., Sokolov M.N. “Platinum polyoxoniobates”// Chem. Commun. 2015. V. 51. P. 4021. ИФ = 6,567.

5. Vasilchenko D.B., Tkachev S.V., Baidina I.A., Korenev S.V. «Speciation of Platinum(IV) in Nitric Acid Solutions» // Inorg. Chem. 2013. V. 52. N 18. P. 10532-10541. ИФ = 4,820

Направление V.45. Научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов

1. Получено новое семейство нанопористых металл-органических сорбентов с внутренней поверхностью более 1000 м<sup>2</sup>/г. Поверхность покрыта активными атомами азота, способными специфическим образом взаимодействовать с молекулами углекислого газа, захватывая их внутри материала. Предложен простой способ получения таких материалов, изучено их кристаллическое строение и сорбционные характеристики, выполнены квантовохимические расчеты, объясняющие причины сорбционных свойств. Полученные результаты являются научной основой для разработки материалов для очистки воздуха путем эффективного улавливания вредных примесей из промышленных и иных выбросов. (Sapchenko, S. A.; Dybtsev, D. N.; Samsonenko, D. G.; Belosludov, R. V.; Belosludov, V. R.; Kawazoe, Y.; Schroeder, M.; Fedin, V. P. // «Selective gas adsorption in microporous metal-organic frameworks incorporating urotropine basic sites: an experimental and theoretical study», Chem. Commun. 2015, 51, 13918-13921. ИФ = 6,567).

2. Предложен простой метод синтеза гибридного материала из массива ориентированных углеродных нанотрубок и детонационных наноалмазов, изучены его морфология, особен-



ности строения и люминесцентные характеристики. Полученный анизотропный углеродный композиционный материал проявляет электролюминесцентное свечение в слабом электрическом поле при напряженности около 3 В/мкм, что в десятки раз меньше значений, требуемых для электролюминесценции нанодIAMAZOV на плоской проводящей подложке. Полученный гибридный материал является перспективным для создания наноразмерных источников света и автоэмиссионных диодов. (Fedoseeva Yu.V., Bulusheva L.G., Okotrub A.V., Kanygin M.A., Gorodetskiy D.V., Asanov I.P., Vyalikh, D.V., Puzyr A.P., Bondar V.S. // «Field emission luminescence of nanodiamonds deposited on the aligned carbon nanotube array» *Scientific Reports*. 2015, 5, P. 9379-9386 ИФ = 5,228).

3. Предложен химический способ формирования тонких слоев и наночастиц MoS<sub>2</sub> на поверхности графена в реакции термолитиза MoS<sub>3</sub> при температурах 500-800 °C. Методами рентгеноэлектронной спектроскопии, просвечивающей электронной микроскопии и структурного моделирования изображений в наночастицах обнаружены краевые атомы молибдена, которые могут играть важную роль в каталитической реакции синтеза биогаза при разложении муравьиной кислоты на CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>. Высокая эффективность разложения кислоты достигнута на катализаторах, содержащих нанокластеры MoS<sub>2</sub> с размером ~ 1 нм. (Koroteev V.O., Bulushev D.A., Chuvilin A.L., Okotrub A.V., Bulusheva L.G. «Nanometer-Sized MoS<sub>2</sub> Clusters on Graphene Flakes for Catalytic Formic Acid Decomposition» // *ACS Catalysis*, 2014. V. 4. P 3950–3956. ИФ = 9,307).

Статьи:

1. Sapchenko, S. A.; Dybtsev, D. N.; Samsonenko, D. G.; Belosludov, R. V.; Belosludov, V. R.; Kawazoe, Y.; Schroeder, M.; Fedin, V. P. // «Selective gas adsorption in microporous metal–organic frameworks incorporating urotropine basic sites: an experimental and theoretical study», *Chem. Commun.* 2015, 51, 13918-13921. ИФ = 6,567

2. Fedoseeva Yu.V., Bulusheva L.G., Okotrub A.V., Kanygin M.A., Gorodetskiy D.V., Asanov I.P., Vyalikh, D.V., Puzyr A.P., Bondar V.S. // «Field emission luminescence of nanodiamonds deposited on the aligned carbon nanotube array» *Scientific Reports*. 2015, 5, P. 9379-9386 ИФ = 5,228

3. Koroteev V.O., Bulushev D.A., Chuvilin A.L., Okotrub A.V., Bulusheva L.G. «Nanometer-Sized MoS<sub>2</sub> Clusters on Graphene Flakes for Catalytic Formic Acid Decomposition» // *ACS Catalysis*, 2014. V. 4. P 3950–3956. ИФ = 9,307

4. Kozlova M.N., Mironov Yu.V., Grayfer E.D., Smolentsev A.I., Zaikovskii V.I., Nebogatikova N.A., Podlipskaya T.Yu., Fedorov V.E. Synthesis, Crystal Structure, and Colloidal Dispersions of Vanadium Tetrasulfide (VS<sub>4</sub>) // *Chem. Eur. J.* 2015. vol. 21, Iss 12. P. 4639-4645. ИФ = 5,771

5. Efremova O.A., Brylev K.A., Kozlova O., White M.S. Shestopalov M.A., Kitamura N., Mironov Y.V., Bauerd S., Sutherland A.J. «Polymerisable octahedral rhenium cluster complexes as precursors for photo/electroluminescent polymers» // *J. Mater. Chem. C*. 2014. V. 2. P. 8630-8638. ИФ = 5,066



**13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

**14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год**

1. Okotrub A.V., Yudanov N.F., Asanov I.P., Vyalikh D.V., Bulusheva L.G. «Anisotropy of Chemical Bonding in Semifluorinated Graphite C<sub>2</sub>F Revealed with Angle-Resolved X-ray Absorption Spectroscopy» // ACS Nano. 2013. V. 7. P. 65-74. DOI: 10.1021/nm305268b ИФ=13,334

2. Tatarchuk V.V., Sergievskaya A.P., Korda T.M., Druzhinina I.D., Zaikovskiy V.I. «Kinetic factors in the synthesis of silver nanoparticles by reduction of Ag<sup>+</sup> with hydrazine in reverse micelles of Triton N-42» // Chem. Mater. 2013. V. 25. N 18. P. 3570-3579. DOI: 10.1021/cm304115j ИФ=9,407

3. Ottenbacher R.V., Samsonenko D.G., Talsi E.P., Bryliakov K.P. “Highly enantioselective bioinspired epoxidation of electron-deficient olefins with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on aminopyridine Mn catalysts”. // ACS Catal. 2014, V. 4, No. 5, P. 1599–1606. DOI: 10.1021/cs500333c ИФ=9,307

4. Koroteev V.O., Bulushev D.A., A.L. Chuvilin, Okotrub A.V., Bulusheva L.G. “Nanometer-sized MoS<sub>2</sub> clusters on graphene flakes for catalytic formic acid decomposition” // ACS Catal. 2014. V. 4. P. 3950-3956. DOI: 10.1021/cs500943b ИФ=9,307

5. Lee J.H., Tan J.Y., Toh C.T., Koenig S.P., Fedorov, V.E. Castro Neto A.H., Özyilmaz B., “Nanometer Thick Elastic Graphene Engine” // Nano Lett. 2014. V. 14, N 5. P. 2677–2680. DOI: 10.1021/nl500568d ИФ=13,779

6. Васильев В.Ю., Морозова Н.Б., Игуменов И.К. «Химическое осаждение рутенийсодержащих тонких пленок из газовой фазы» // Успехи химии. 2014. Т. 83, № 8. С. 758-782. Обзор. DOI: 10.1070/RC2014v083n08ABEH004402 ИФ=3,687

7. Alexandrov E.V., Virovets A.V., Blatov V.A., Peresyphkina E.V. «Topological Motifs in Cyanometallates: From Building Units to Three-Periodic Frameworks» // Chem. Rev. 2015. V. 115, Issue 22, P. 12286–12319 (обзор). DOI: 10.1021/acs.chemrev.5b00320 ИФ=37,369

8. Heindl C., Peresyphkina E.V., Virovets A.V., Kremer W., Scheer M. «Giant Rugby Ball [{CpBnFe(η<sup>5</sup>-P<sub>5</sub>)}<sub>24</sub>Cu<sub>96</sub>Br<sub>96</sub>] Derived from, Pentaphosphaferrocene and CuBr<sub>2</sub>» // J. Am. Chem. Soc. 2015. V.137, Issue 34. P. 10938–10941. DOI: 10.1021/jacs.5b06835 ИФ=13,038

9. Arleth N., Gamer M.T., Köppe R., Pushkarevsky N.A., Konchenko S.N., Fleischmann M., Bodensteiner M., Scheer M., Roesky P.W. “The approach to 4d/4f-polyphosphides” // Chem. Sci. 2015. V. 6. P. 7179–7184. DOI: 10.1039/c5sc02252e ИФ=9,144



10. Борисов С.В., Магарилл С.А., Первухина Н.В. «Кристаллографический анализ строения ряда неорганических соединений» // Успехи химии. 2015. Т. 84, №4. С. 393-421 (обзор). DOI: 10.1070/RCR4479 ИФ=3,687

Монографии:

1. Belosludov R.V., Mizuseki H., Sahara R., Kawazoe Y., Subbotin O.S., Zhdanov R.K., Belosludov V.R. «Computational Materials Science and Computer Aided Materials Design & Processing» // Handbook of Sustainable Engineering. Ed. Lee K.-M., Kauffman J., Springer, New York, 2013, pp 1215-1247. Print ISBN: 978-1-4020-8938-1. Online ISBN: 978-1-4020-8939-8. Тираж неизвестен.

2. Sokolov M.N. «Metal chalcogenides: clusters, layers, nanotubes» // Chalcogenide Handbook. Ed. F. Devillanova. RSC Publishing, 2013. P. 475-513. Print ISBN: 978-1-84973-623-7. PDF eISBN: 978-1-84973-745-6. Тираж неизвестен.

3. Sokolov M.N., Hernandez-Molina R., Abramov P.A. «Incomplete and complete cuboidal clusters of molybdenum» // Molybdenum: Its Biological and Coordination Chemistry and Industrial Applications, Ed. A. Holder, 2013. P. 105-140. ISBN: 978-1-62417-272-4. Тираж неизвестен.

4. Sokolov M.N., Naumov N.G., Samoilo P.P., Fedin V.P. «Cluster and cluster assemblies» // Comprehensive Inorganic Chemistry V. II. Eds. J. Reedijk, K. Poeppelmeier. Oxford, Elsevier, 2013. P. 271-310. Тираж неизвестен.

5. Борисов С.В., Магарилл С.А., Первухина Н.В. «Алгоритмы и практика кристаллографического анализа атомных структур», Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012 г., 112 с., Тираж 230, ISBN 978-5-7692-1279-6. ISBN: 978-5-7692-1279-6.

6. Шаркеев Ю.П. и др. (коллективная монография, всего 32 чел.) «Биокомпозиты на основе кальцийфосфатных покрытий, наноструктурных и ультрамелкозернистых биоинертных металлов, их биосовместимость и биодegradация». Отв. ред. Н.З. Ляхов. - Томск: Издательский Дом ТГУ, 2014.- 597 стр. ISBN 978-5-94621-387-5. Тираж неизвестен.

7. Sokolov M.N., Adonin S.A., Vicent C. «POM Complexes with Noble Metals – New Insights into Synthesis and Reactivity» in Trends in Polyoxometalates Research / Eds. L. Ruhlmann, D. Schaming. 2015. P. 73-94. ISBN: 978-1-63482-693-8. Тираж неизвестен.

8. Булавченко А.И. Обратные мицеллы в жидкостной экстракции: структура, динамика и применение // в кн. Нанообъекты и нанотехнологии в химическом анализе. Под ред. Штыкова С.Н., М, Издательство Наука, 2015, С. 209-266. ISBN 978-5-02-039185-7. Тираж неизвестен.

9. Vostrikova K.E. «Homoleptic Osmium cyanide complexes: synthesis and perspective application in molecular magnetism» in the book «Osmium: Synthesis, Characterization and Applications», Ed: G. Wise, Nova Science Publishers, Chapter 2 «Homoleptic Osmium Cyanide Complexes: Synthesis and Perspective Application in Molecular Magnetism» NY, 2015, Pages: 6x9 - (NBC-R) 34 pages ISBN: 978-1-63483-517-6. Тираж неизвестен.



**15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие**

Всего в 2013 – 2015: 7 грантов Российского научного фонда (РНФ), 107 грантов Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ).

Наиболее значимые научные гранты:

1. РНФ 14-13-00813; Электронные и магнитные свойства нанографенов, встроенных во фторграфитовую матрицу; 2014 – 2016; 15 млн.р.

2. РНФ 14-13-00645; Полиядерные оксокомплексы ниобия и тантала — синтез, новые подходы к анализу, перспективы применения; 2014 – 2018; 21 млн.р.

3. РНФ 14-13-00674; Синтез и свойства графеновых и родственных слоистых неорганических наноматериалов, получаемых через жидкофазное расщепление массивных соединений; 2014 – 2018; 21 млн.р.

4. РНФ 14-23-00013; Новые классы молекулярных комплексов и координационных полимеров для создания функциональных материалов; 2014 – 2018; 80 млн.р.

5. РНФ 15-13-10014; Гибридные пленочные структуры на основе палладийсодержащих мембран и фталоцианинов металлов, полученные методами газофазного осаждения; 2015 – 2017; 24 млн.р.

6. РНФ 15-13-00080; Структурные трансформации мицеллярных систем в процессах получения высококонцентрированных органоzeлей наночастиц и пленок на их основе для 2-3D-печатных технологий электроники и фотоники; 2015 – 2017; 17,5 млн.р.

7. РНФ 15-13-20021; Эффекты памяти в нанокompозитах графена: фундаментальные аспекты и приложения; 2015 – 2017; 30 млн.р.

8. РФФИ 13-03-12118-ОФИ\_М\_2013; Стрoение и свойства нанокристаллов сульфидов кадмия, цинка и свинца, сформированных на поверхностях углеродных нанотрубок; 2013 – 2015; 5,4 млн.р.

9. РФФИ 15-33-20083-мол\_а\_вед; Синтез и исследование высокорентгеноконтрастных октаэдрических кластерных комплексов молибдена, вольфрама и рения; 2015 – 2016; 3,5 млн.р.

10. РФФИ 15-33-20651-мол\_а\_вед; Полиоксометаллаты – от синтеза к функциональным материалам и практическому применению; 2015 – 2016; 3,5 млн.р.

**16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена



## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований**

#### **17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год**

Общее количество – 6 проектов.

1. ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы». Соглашение Минобрнауки – ИНХ СО РАН 14.604.21.0080 «Разработка прототипа технологических решений нанесения биологически совместимых наноструктурированных покрытий с заданными свойствами на основе металлов платиновой группы на материалы, применяемые при создании изделий и устройств медицинского назначения», 30.06.2014 – 31.12.2016. Бюджет – 25 млн. р., внебюджет – 6,5 млн. р. Основные результаты. Изготовлены экспериментальные образцы катодов и анодов с нанесенными биологически совместимыми наноструктурированными покрытиями из благородных металлов на макете MOCVD установки. Разработано технико-экономическое обоснование разработки продукции, технических требований и предложений по разработке, производству и эксплуатации изделий с учетом технологических возможностей и особенностей Индустриального партнера. Проведены испытания электрических параметров экспериментальных образцов катодов и анодов с нанесенными биологически совместимыми наноструктурированными покрытиями из благородных металлов. Изготовлены образцы изделий – эндокардиальных электродов с использованием анодов и катодов с биологически совместимыми наноструктурированными покрытиями из благородных металлов, полученными на макете MOCVD установки. Проведены токсикологические испытания образцов эндокардиальных электродов с использованием катодов и анодов с нанесенными биологически совместимыми наноструктурированными покрытиями из благородных металлов. Проведены испытания на стойкость к стерилизации.

2. ФЦП Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (Постановление Правительства Российской Федерации от 28 июля 2008 г. N 568, 2009-2013). Подпрограмма Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук. Соглашение № 8380 от 24 августа 2012 «Исследование влияния диэлектрической матрицы нанопористых координационных полимеров в композитах с полианилином на электропроводность и взаимодействие с гигагерцовым и терагерцовым электромагнитным излучением». Период 2012 – 2013. Бюджет – 2,147 млн. руб.

3. ФЦП Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (Постановление Правительства Российской Федерации от 28 июля 2008 г. N 568, 2009-2013). Подпро-



грамма Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук. Соглашение № 8567 от 13 сентября 2012 «Графены и их производные как адъюванты для вирусных вакцин нового поколения». Период 2012 – 2013. Бюджет – 2,147 млн. руб.

4. ФЦП Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (Постановление Правительства Российской Федерации от 28 июля 2008 г. N 568, 2009-2013). Подпрограмма Проведение научных исследований научными группами под руководством кандидатов наук. Соглашение № 8472 от 31 августа 2012 «Стабильные органозоли наночастиц металлов (Au, Ag, Cu) и халькогенидов металлов MQ, MQ2 и MQ3 (M = Cd, Nd, Mo, W, Ta, Ti; Q = S, Se, Te): синтез, изучение коллоидно-химических свойств и получение тонких металлических и полупроводниковых фотоконверсионных пленок». Период 2012 – 2013. Бюджет – 1,83 млн. руб.

5. ФЦП Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (Постановление Правительства Российской Федерации от 28 июля 2008 г. N 568, 2009-2013). Подпрограмма Проведение научных исследований молодыми учеными - кандидатами наук. Соглашение № 8631 от 10 сентября 2012 «Комплексы лантаноидов с производными хинонов и халькогендиазольных гетероциклов — предшественники нового класса материалов с комбинированными магнитными, электрическими и люминесцентными свойствами». Период 2012 – 2013. Бюджет – 0,783 млн. руб.

6. ФЦП Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (Постановление Правительства Российской Федерации от 28 июля 2008 г. N 568, 2009-2013). Подпрограмма Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров. Соглашение № 8030 от 12 июля 2012 «Получение и обработка пленочных наноматериалов на основе слоистых халькогенидов переходных металлов с различными функциональными свойствами». Период 2012 – 2013. Бюджет – 4,393 млн. руб.

## **Внедренческий потенциал научной организации**

### **18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований**

1) Научно-технологический отдел. В научно-технологическом отделе организовано производство высокочистого висмута марки ВДД и высокочистого оксида висмута марки ВМО (квалификация качества по чистоте – 99,999% (5N) или 99,9999% (6N)). Высокочистые висмут и оксид висмута используются при синтезе широкого класса соединений (фармацевтических препаратов, ВТСП керамик, оксидных монокристаллов), легкоплавких сплавов и при варке стекла для волоконной оптики. Способы очистки висмута от примесей и получения оксида висмута прямым окислением расплава во вращающемся кварцевом реакторе защищены патентами Российской Федерации. ИНХ является единственным крупным производителем этих материалов в странах СНГ. Производимый продукт поставляется за рубеж (США, Франция) и потребляется на действующем в ИНХ опытном производстве для выращивания монокристаллов ортогерманата висмута  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  (BGO).



2) Отдел внешнеэкономических связей. Отдел внешнеэкономических связей, созданный для коммерциализации разработок ИНХ, совместно с лабораториями института обеспечивает становление, развитие, производство и сбыт высокотехнологичных товаров и услуг. Структура экспорта преимущественно представлена продажами оптических элементов на основе сцинтилляционных кристаллов состава  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  (BGO) и  $\text{CdWO}_4$  (CWO). Основное потребление оптических элементов – производство позитронно-эмиссионных томографов (ПЭТ) 4-го поколения. Успешно развивается сотрудничество ИНХ с фирмой SCIONIX (Голландия), годовое потребление BGO которой составляет ~500 кг, а также с компанией GE Healthcare (США), производящей примерно половину ПЭТ томографов в США и являющейся основным потребителем BGO на американском рынке.

**19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год**

Информация не предоставлена

**ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Экспертная деятельность научных организаций**

**20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами**

Информация не предоставлена

**Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций**

**21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год**

Информация не предоставлена

**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении (представляются по желанию организации в свободной форме)**





## **22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно**

По данным мониторинга результативности научной деятельности организаций, подведомственных ФАНО России, который был проведен Российской академией наук по данным 2014 года, Институт вошел в Топ-15 научных организаций ФАНО по совокупному количеству публикаций, индексируемых в Web of Science, и в Топ-10 по количеству публикаций Web of Science на одного исследователя (<http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=2380c3afa73f-4d68-b590-341bf2090773>).

По данным Глобального рейтинга Nature-2014, по количеству статей в самых высоко-рейтинговых журналах ИНХ СО РАН занимает 7 место среди Институтов РАН.

За 2013 – 2015 годы сотрудниками Института опубликовано около 900 научных работ в изданиях, индексируемых в Web of Science; средний импакт-фактор публикаций в Web of Science в 2015 году составил 2,3245. За 2013 – 2015 годы Институтом получено 48 патентов РФ.

В Институте активно работает Диссертационный совет, за 2013 – 2015 гг. сотрудниками Института защищено 4 докторских и 44 кандидатских диссертации. ИНХ СО РАН является базовым для четырех кафедр Новосибирского государственного университета, около 100 студентов ежегодно проходят исследовательскую практику в Институте. В аспирантуре ИНХ СО РАН обучается более 40 человек.

За 2013 – 2015 года Институтом организовано и проведено 13 мероприятий – конференций, симпозиумов, семинаров, школ молодых ученых и пр. Среди них с числом участников свыше 100 человек: 7 Российско-Французский семинар по науке о наноматериалах и нанотехнологии, 2013; "XXI Всероссийская школа-конференция «Рентгеновские и электронные спектры и химическая связь»", 2013; 9 -й семинар СО РАН – УрО РАН «Термодинамика и материаловедение», 2014; IV Международный семинар по кластерам переходных металлов, 2014; Первая Российская Конференция «Графен: молекула и 2D кристалл», 2015; Международный Симпозиум «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты», 2015; 2 и 3-я Школы-конференции молодых ученых «Неорганические соединения и функциональные материалы, 2013 и 2015, соответственно.

В 2013 – 2015 сотрудники Института являлись лауреатами 9 стипендий и 6 грантов Президента РФ (в т.ч. гранты на поддержку научной школы), Премии Российской академии наук им. Л.А. Чугаева, дипломов международных организаций (2 Гранта компании Хальдор Топсе, стипендия DAAD и др.), многочисленных региональных наград.



Совместно с СО РАН Институт является учредителем "Журнала структурной химии"  
(ISSN 0136-7463). Периодичность журнала - 8 выпусков в год.

ФИО руководителя

*Редина В. П.*

Подпись

*[Handwritten signature]*

Дата

*19 мая 2017*



057585