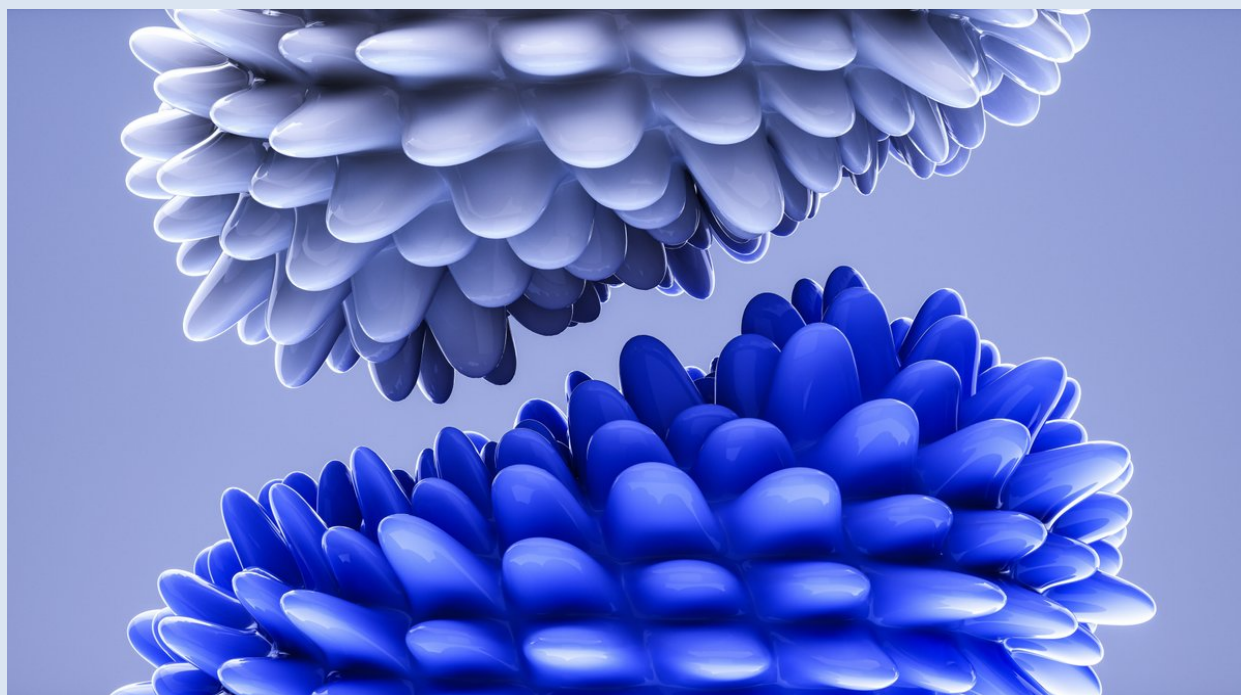


Перст Информационный бюллетень
перспективные технологии
наноструктуры сверхпроводники фуллерены

Том 32, выпуск 11

ноябрь 2025 г.



Наноцветы / <https://hi-tech.mail.ru/news/121914-sozdan-smertelno-opasnyj-dlya-bakterij-nanocvetok/>

Черноголовка

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

Наноцветы MoS₂ и MoSe₂ помогут справиться с болезнями Альцгеймера и Паркинсона

Предупреждение и лечение нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона, остается сложнейшей проблемой, несмотря на огромные усилия ученых. Некоторые успехи достигнуты в лечении симптомов, однако необходимо разобраться в патогенезе, то есть в механизме возникновения и развития этих опасных заболеваний. Исследования последних лет показали, что ключевым фактором в нарушении работы клеток мозга является дисфункция митохондрий, “энергетических станций” клеток, и возникающий окислительный стресс из-за высокого уровня активных форм кислорода (АФК). Ученые из Texas A&M Univ. (США) [1] предложили использовать в качестве нейропротекторов, снижающих АФК, наноцветы из дихалькогенидов переходных металлов. Эти наноструктурные соединения имеют уникальные оптические, электронные, фотокаталитические свойства, но их биологическая активность мало известна.

Авторы [1] синтезировали MoS₂ и MoSe₂ методом гидротермального синтеза. SEM исследования показали формирование двух разных структур с очень высоким отношением площади поверхности к объему (см. рис.). Размеры получившихся наноцветов оказались равными для MoS₂ 300-600 нм, а для MoSe₂ менее 1 мкм.

Возможный лечебный эффект изучили *in vitro* на клетках мозга крысы (нейронах и астроцитах двух типов). Суспензии наноцветов разной концентрации (от 0.1 до 1 мг/мл) добавили к культурам клеток. Данные рамановской спектроскопии и флуоресцентные изображения подтвердили внедрение наноматериалов в клетки.

Исследования показали, что наноцветы снижают уровень активных форм кислорода, которые могут привести к дисфункции митохондрий. Например, по сравнению с контрольными образцами, уровень АФК в нейронах снизился на 26% (при 0.1 мг/мл) и на 74% (при 1 мг/мл) для MoS₂. Для MoSe₂ эффект был еще более выраженным (снижение от 37 до 80 %). Существенное подавление АФК наблюдали и для астроцитов, получивших MoS₂ или MoSe₂. Дополнительные биологические исследования подтвердили, что наноцветы в значительной степени ликвидировали естественные повреждения митохондрий, вызванные воздействием АФК.

И далее ...

НАНОМАТЕРИАЛЫ/ ГРАФЕН

3 Наноленты из пента-гекса-графена

5 Синтез суперкубана из пластиковых отходов

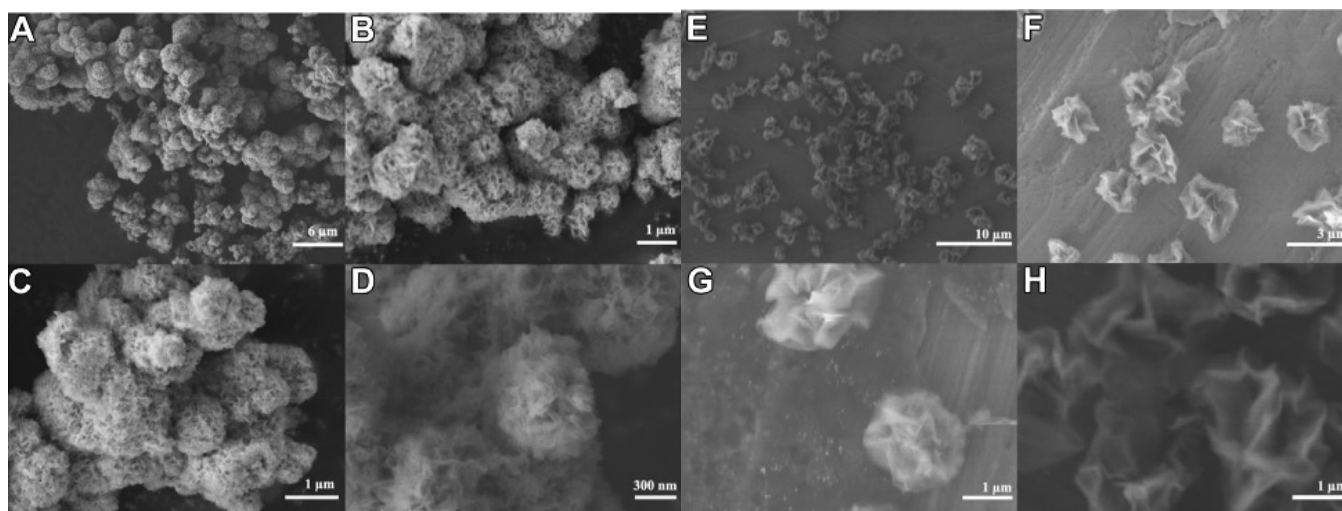
ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

6 Итоги V Всероссийской конференции по сканирующей зондовой микроскопии

КОНФЕРЕНЦИИ

8 Общее собрание РАН, 9 декабря 2025 г.

Samarkand International Symposium on Magnetism (SISM-2026) dedicated to the memory of Anatoly Vedyayev, August 17 - 23, 2026, Samarkand, Uzbekistan



SEM изображения наночетов MoS_2 (a-d) и MoSe_2 (e-h) при разном увеличении.

После изучения на клетках *in vitro* авторы [1] перешли к исследованиям *in vivo* на почвенных нематодах *Caenorhabditis elegans*. Этих миниатюрных (менее 1 мм) прозрачных червей широко используют в неврологии как модельные организмы. Наночетовы увеличили продолжительность жизни червей и снизили их смертность в первой половине жизни по сравнению с контрольными экземплярами.

Исследования *in vitro* и *in vivo* продемонстрировали положительный эффект наночетов дихалькогенидов переходных металлов – снижение повреждений митохондрий и уровней АФК, повышение биогенеза митохондрий. Значения для MoS_2 и MoSe_2 отличаются. По-видимому, важную роль играет наноструктура. Необходимо изучить влияние размеров, морфологии, химического состава на нейропротекторные свойства и подобрать оптимальный режим синтеза нужного соединения. По мнению авторов работы [1], наночетовы дихалькогенидов переходных металлов можно использовать как новые нейропротекторные средства борьбы с острыми и хроническими заболеваниями, связанными с дисфункцией митохондрий, включая болезни Альцгеймера и Паркинсона.

О. Алексеева

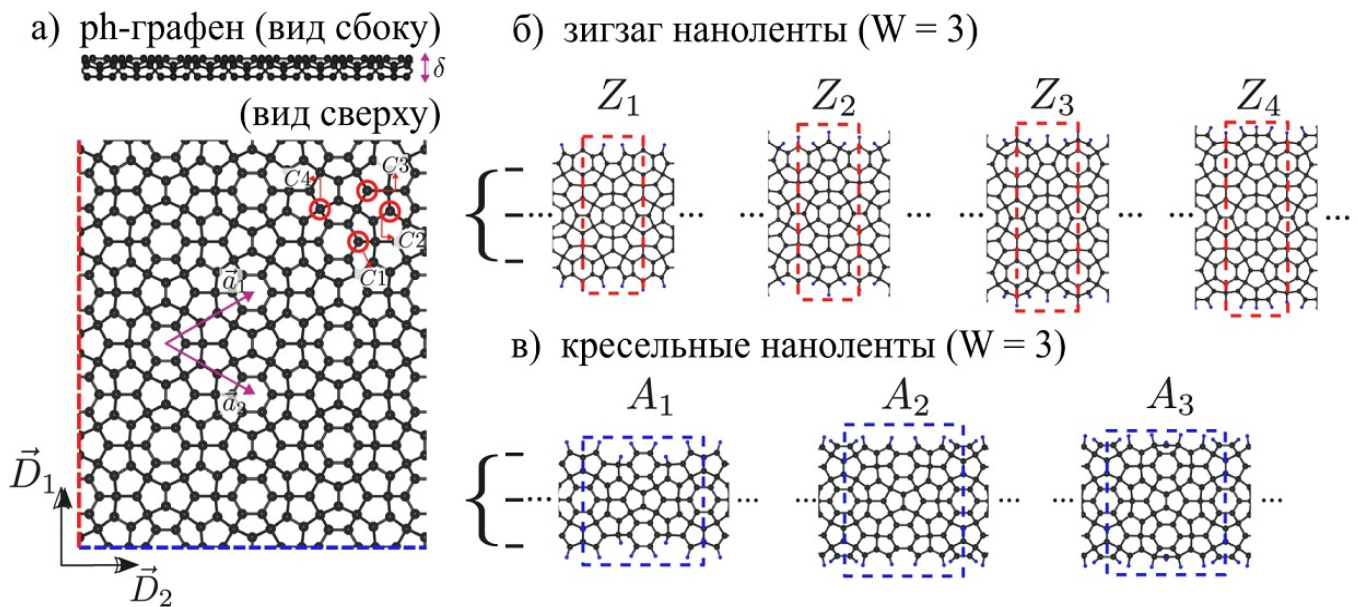
I. C.L. Mitchell et al., J. Biol. Chem. 301(5) 108498 (2025).

НАНОМАТЕРИАЛЫ/ ГРАФЕН

Наноленты из пента-гекса-графена

В 2016 году была теоретически предсказана новая двумерная аллотропная форма углерода – пента-гекса-графен (ph-графен), структура которого образована комбинацией пяти- и шестичленных углеродных колец [1]. Подобно традиционному графену ph-графен является бесщелевым полупроводником и обладает характерными “дираковскими конусами” вблизи уровня Ферми на электронной зоне структуры. В недавней работе [2] исследовательская группа из Бразилии представила детальный теоретический анализ электронных и магнитных свойств нанолент пента-гекса-графена (PHGNR), формируемых путем разрезания двумерного листа вдоль различных кристаллографических направлений (см. рис.).

Авторы выполнили расчеты из первых принципов в рамках теории функционала плотности с использованием программного пакета Siesta. Для описания обменно-корреляционного взаимодействия использовали обобщенное градиентное приближение GGA с функционалом PBE, сохраняющими норму псевдопотенциалами Трулье-Мартинса и базисным набором DZP. Исследователи рассмотрели две основные хиральности нанолент – “зигзагообразную” и “кресельную” – причем для каждой хиральности было изучено несколько вариантов реконструкции краев (четыре типа для зигзагообразных и три – для кресельных систем, см. рис.).



Наноленты, полученные путем разрезания пента-гекса-графена вдоль высокосимметричных кристаллографических направлений: а) – вид сбоку и сверху двумерной структуры пента-гекса-графена, где векторы \vec{D}_1 и \vec{D}_2 указывают зигзаговое и кресельное направление, соответственно; б) – четыре типа зигзагообразных PHGNR $Z_1 \div Z_4$ и в) – три типа кресельных PHGNR $A_1 \div A_3$. Ширина нанолент обозначена W , а пунктирные прямоугольники красного/синего цвета обозначают элементарную ячейку для зигзаг/кресельных PHGNR. Черные и синие сферы представляют атомы углерода и водорода, соответственно.

Оказалось, что электронные свойства нанолент рh-графена существенно зависят от хиральности и структурных особенностей границы, изменяясь от металлических до полупроводниковых с шириной запрещенной зоны, достигающей 1.69 эВ. Ключевым результатом работы стало обнаружение множественных устойчивых магнитных конфигураций. В отличие от графеновых нанолент, где магнитные моменты локализованы преимущественно на краевых атомах, в нанолентах рh-графена спиновая поляризация возникает преимущественно на внутренних атомах определенного типа, а именно на трижды координированных атомах углерода $C3$ (см. рис.), образующих гексагональную подрешетку внутри структуры рh-графена. Для зигзагообразных нанолент авторы идентифицировали восемь спин-поляризованных состояний с различным взаимным расположением спиновых моментов (от полностью антиферромагнитной до полностью ферромагнитной), а для кресельных – шесть состояний. Энергия намагничивания, определяемая как разность полных энергий неполяризованной и спин-поляризованной конфигураций, может превышать 2 эВ на элементарную ячейку, что свидетельствует о высокой устойчивости магнитных состояний. Исследователи установили, что наиболее энергетически выгодной

является полностью антиферромагнитная конфигурация, что согласуется с основным состоянием двумерной родительской системы. Важно отметить, что ширина запрещенной зоны монотонно уменьшается при переходе от антиферромагнитной к ферромагнитной конфигурации, например, в случае зигзагообразных нанолент Z_2 типа (см. рис.) – от 1.69 эВ до 0.58 эВ. При этом, важнейшей особенностью PHGNRs является устойчивость их магнитных свойств по отношению к модификации краевой структуры, что кардинально отличает их от других углеродных наносистем. Внутренний характер магнитных состояний делает PHGNRs менее подверженными влиянию краевых дефектов, которые неизбежно присутствуют в реальных образцах.

Термическая устойчивость систем была дополнительно подтверждена методом молекулярной динамики при температуре 400 К в течение 10 пс с временным шагом 1 фс. Компьютерное моделирование проводили с использованием канонического (NVT) ансамбля, при этом контроль температуры осуществляли с помощью термостата Нозе-Гувера.

В конечном итоге исследователи полагают, что наноленты пента-гекса-графена станут перспективной платформой для создания

устройств наноэлектроники и спинтроники. В отличие от традиционных графеновых нанолент, PHGNRs обладают уникальной комбинацией настраиваемых электронных свойств и множественных магнитных конфигураций, открывая новые возможности для зонной инженерии.

М. Маслов

1. X.Zhang et al., *Carbon* **105**, 323 (2016).
2. D.W.Maia et al., *Comput. Mater. Sci.* **261**, 114329 (2026).

Синтез суперкубана из пластиковых отходов

Суперкубан – теоретически предсказанный углеродный аллотроп с ОЦК-решеткой, состоящий из кубических блоков C_8 и обладающий sp^3 -гибридизацией (см. рис. 1) – долгое время оставался экзотическим объектом теоретических и расчетных исследований [1]. И вот совсем недавно исследователи из VIT-AP Univ. (Индия) сообщили о синтезе суперкубаноподобного углеродного материала из переработанных пластиковых отходов (полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) и полипропилена (ПП)) с использованием контролируемого трехстадийного процесса термического разложения [2]. Примечательно, что весь синтез проводили при атмосферном давлении в закрытом реакторе с минимальным содержанием кислорода, что существенно упрощает масштабирование технологии.

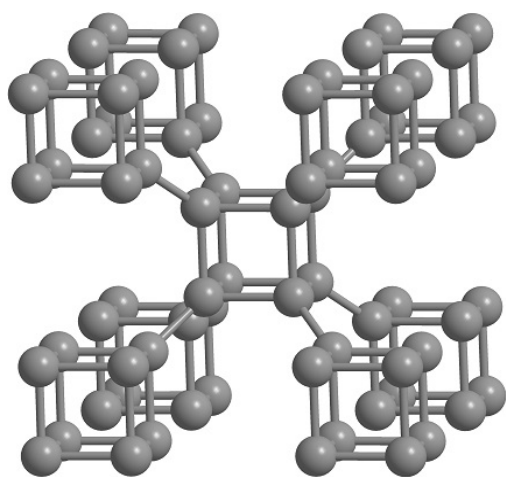


Рис. 1. Фрагмент ковалентного кристалла суперкубана (атомная структура)

Протокол синтеза включал три последовательные стадии термообработки исходного сырья (15 кг смеси ПЭВП и ПП). На первой стадии образцы медленно нагревали до 450 °C со скоростью 3 °C/мин и выдерживали при этой температуре 30 минут для удаления летучих угле-

водородов и минимизации образования восков. Вторая стадия представляла собой термический крекинг с повышением температуры до 800 °C (скорость нагрева 10 °C/мин) и последующей выдержкой 45 минут, что способствовало разрушению длинных углеводородных цепей и упорядочению углеродного остатка. Финальная стадия термического отжига при 850 °C (скорость нагрева 15 °C/мин) обеспечивала атомную реорганизацию и кристаллографическое упорядочение структуры. Последующее медленное охлаждение в течение пяти часов предотвращало разрушение образца. В результате было получено около 2 кг углеродистого порошка (выход составил около 13.3 мас.%).

Структурный анализ полученного материала выявил ряд интересных особенностей. Так, рамановская спектроскопия показала характеристический пик при 609 cm^{-1} , относящийся к валентным колебаниям sp^3 -гибридизированных C–C связей в каркасной структуре, что согласуется с теоретическими предсказаниями для суперкубана. Кроме того, на рамановском спектре присутствует D-полоса при 1328 cm^{-1} (структурный беспорядок) и G-полоса при 1595 cm^{-1} (sp^2 -углерод), при этом отношение интенсивностей I_D/I_G составило примерно 0.74, что указывает на умеренную дефектность. Примечательно отсутствие выраженной 2D-полосы, подтверждающее неграфеновую природу материала и формирование плотного sp^3 -обогащенного каркаса. Рентгеноструктурный анализ (XRD) показал интенсивный максимум при 29.5° (2 θ), соответствующий плоскости (011), что указывает на высокоупорядоченную кристаллическую фазу. Дифракция электронов выбранной области (SAED) выявила характерную картину из ярких концентрических колец с наложенными дискретными рефлексамии, что указывает на поликристаллическую природу исследуемого материала. Индексирование наблюдаемых дифракционных колец позволило отнести их к кристаллографическим плоскостям (011), (020), (121), (022), соответствующим кубической решетке с пространственной группой Im-3. Изображения суперкубана, полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии с полевой эмиссией (FESEM), показывают, что материал имеет неоднородное распределение квазисферических и нерегулярных кластеров различного эффективного размера: от сотен нанометров до нескольких микрометров (рис. 2).

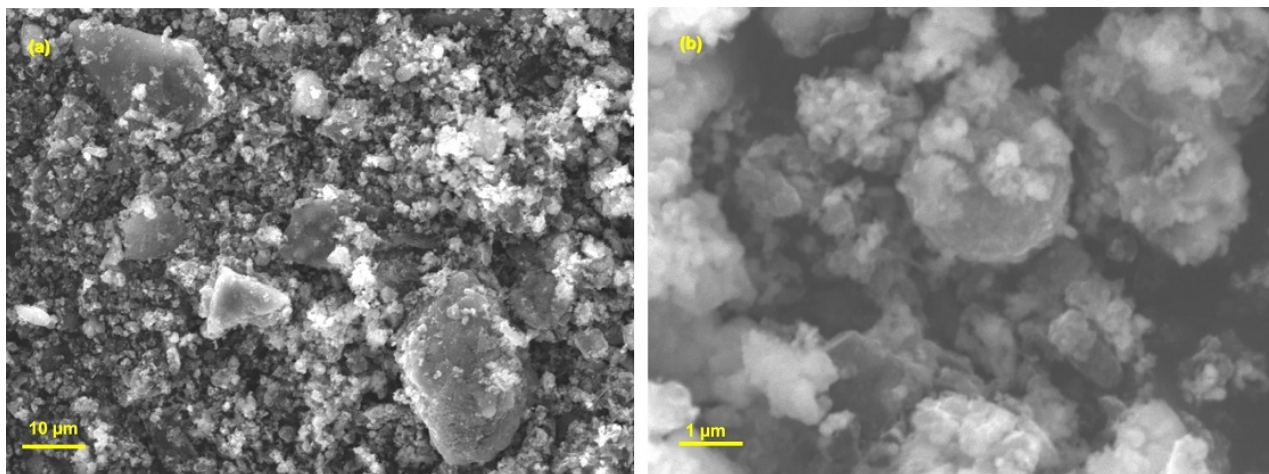


Рис. 2. Изображения суперкубаноподобного порошка, полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии с полевой эмиссией (FESEM).

Спектроскопия в УФ-видимой области с анализом по методу Тауца позволила определить прямую запрещенную зону шириной 3.96 эВ, что существенно превышает величину для графита, но меньше, чем у алмаза, подтверждая полупроводниковую природу материала. Электрические измерения четырехзондовым методом показали низкую проводимость $4 \cdot 10^{-10}$ См/м при комнатной температуре. Термогравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) продемонстрировали высокую термическую устойчивость материала до ~ 700 °С с характерными эндотермическими переходами при 437 °С, 633 °С и 698 °С, отражающими поэтапное термическое разложение напряженного углеродного каркаса.

Авторы отмечают, что полученный суперкубаноподобный углерод демонстрирует уникальное сочетание характеристик: высокую термическую устойчивость, механическую жесткость sp^3 -каркаса и широкозонную электронную структуру, что открывает перспективы применения в высокопроизводительной электронике и защитных покрытиях. Исследователи подчеркивают, что их работа не только демонстрирует возможность получения экзотических углеродных аллотропов из пластиковых отходов, но и предлагает экологичную платформу для апсайклинга пластикового мусора в высокоценные функциональные материалы, объединяя задачи утилизации отходов и создания новых соединений.

М. Маслов

1. B.Winkler and V.Milman, *Chem. Phys. Lett.* **293**, 284 (1998).
2. P.V.Subhanjaneyulu and P.S.Rama Sreekanth, *J. Mater. Sci.* **60**, 23356 (2025).

ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

Итоги V Всероссийской конференции по сканирующей зондовой микроскопии

14–15 октября 2025 года в Институте физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН (ИФТТ РАН) прошла V Всероссийская конференция “Особенности сканирующей зондовой микроскопии в вакууме и различных средах”. Первое научное мероприятие по сканирующей зондовой микроскопии состоялось в ИФТТ РАН в 2019 году с целью налаживания контактов между российскими учеными и специалистами, работающими в области сканирующей зондовой микроскопии в условиях сильно отличных от нормальных (вакуум, различные среды, низкие или высокие температуры). Тематика конференции включала в себя вопросы исследования поверхностных атомных структур методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) в условиях отличных от нормальных, разработки новых методик на основе СЗМ, численного моделирования и обработки экспериментальных данных СЗМ высокого разрешения, применения СЗМ для решения различных технологических задач, исследования биологических объектов, транспортных, магнитных и оптических свойств низкоразмерных систем.

Выступивший на открытии директор ИФТТ РАН член-корр. РАН А.А. Левченко подчеркнул актуальность тематики конференции и пожелал всем участникам плодотворной работы и содержательных докладов.



Директор ИФТТ РАН член-корр. РАН А.А. Левченко на открытии конференции.

Рабочую программу конференции открыл доклад основателя первой российской компании по производству аппаратуры сканирующей зондовой микроскопии д.т.н., профессора В.А. Быкова.



Доклад д.т.н. профессора В.А. Быкова.

Виктор Александрович рассказал о новых приборах и методиках, разработанных сотрудниками компании, для комплексного анализа молекулярных и поверхностных структур методами атомно-силовой микроскопии и спектроскопии. В ходе доклада были обсуждены условия применения и особенности конструкции приборов и зондов для получения максимального объема информации об исследуемом объекте.

Программа мероприятия включала 16 докладов и проходила в формате серии научных семинаров: докладчику предоставлялось 40 минут для презентации результатов исследования и их обсуждения, причем вопросы можно было задавать в ходе выступления. Участниками конференции стали как ведущие российские ученые, работающие в области сканирующей туннельной микроскопии и атомно-силовой микроскопии, так и молодые специалисты, начи-

нающие свой путь в науке. Они представляли российские научно-исследовательские организации, специализирующиеся в изучении физики микро- и наноструктур, гетероструктур и структур Ван-дер-Ваальса, а также в разработке новых материалов и устройств для опто- и микроэлектроники, квантовых вычислений и биотехнологий: ИОФ РАН, ФИАН, ИПХФ РАН, ИФТТ РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МФТИ, ИФМ РАН, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, ИАП РАН, НИУ ВШЭ, Сколтех, ФНКЦ РР и др.

За время работы конференции прошло обсуждение современных тенденций развития сканирующей зондовой микроскопии, новых методик и результатов, полученных с помощью СЗМ. В докладах были представлены как оригинальные данные, так и результаты, недавно опубликованные в высокорейтинговых научных журналах и уже признанные международным научным сообществом.

Большой интерес вызвали работы, посвященные развитию и критически важным аспектам технической реализации сканирующей безапертурной микроскопии ближнего оптического поля (Д.В. Казанцев, ФИАН), созданию и исследованию поверхностных атомных структур с контролируемыми свойствами в условиях сверхвысокого вакуума (Т.В. Павлова, Б.В. Андрущечкин, ИОФ РАН), комплексному исследованию электронной структуры топологических изоляторов методами СЗМ и электронной спектроскопии (А.С. Фролов, МФТИ), разработке низкотемпературного шумового туннельного микроскопа (Б.А. Поляк, МФТИ, ИФТТ РАН), а также зондов для СЗМ на основе кварцевых камертонов (В.О. Кривчук, МФТИ, Сколтех).

Сканирующая зондовая микроскопия относится к неразрушающим методам анализа поверхности и наноструктур. Она позволяет не только исследовать структуру и свойства поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением, но и манипулировать отдельными атомами и молекулами, создавая новые наноструктуры с уникальными свойствами для фундаментальных исследований и возможных применений в микро- и наноэлектронике. Методики сканирующей зондовой микроскопии находят все более широкое применение в материаловедении и медицине, различных разделах современной физики, химии и биологии. Использование микроскопов, работающих в

специальных условиях (жидкие среды, высокие и низкие температуры, специальные газовые среды и т.д.), позволяет исследовать свойства и поведение клеток, бактерий, вирусов, белков, живых микроорганизмов и органических нанобъектов. Благодаря применению СЗМ, открывается возможность исследовать процессы на нанометровых масштабах, разрабатывать новые наноматериалы и нанотехнологии.

О. Камынина

КОНФЕРЕНЦИИ



**Общее собрание РАН,
9 декабря 2025 г.**

Общее собрание членов РАН состоится 9 декабря 2025 года в Большом зале Российской академии наук по адресу: Москва, Ленинский проспект, д. 32а, зона “Д”.

В рамках общего собрания запланировано проведение научной сессии на тему *“Российская академия наук в решении проблем научно-технологического развития Российской Федерации”*.

Научные доклады:

1. *“Космические технологии – ключ развития России”* – академик РАН Чернышев Сергей Леонидович, академик РАН Петрукович Анатолий Алексеевич
2. *“Биобанкирование – локомотив развития наук о жизни”* – академик РАН Пирадов Михаил Александрович, академик РАН Драпкина Оксана Михайловна
3. *“От технологической независимости к технологическому лидерству в химической отрасли”* – академик РАН Максимов Антон Львович
4. *“Селекция и генетика в основе получения сортов и гибридов растений, устойчивых к изменениям природной среды”* – академик РАН Лукомец Вячеслав Михайлович, академик РАН Беспалова Людмила Андреевна
5. *“Научно-технологический прогноз, как основа национальной стратегии социально-экономического развития”* – академик РАН Порфирьев Борис Николаевич
6. *“Уроки COVID-19 для будущих пандемий: от генетики возбудителя до управления эпидемическим процессом”* – академик РАН Акимкин Василий Геннадьевич
7. *“Атомные энергосистемы 4 поколения - решение задач обращения с отработавшим*

ядерным топливом” – академик РАН Калмыков Степан Николаевич

8. *“Мониторинг и прогнозирование изменений климата в целях устойчивого развития России – ВИП ГЗ “Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ”* – академик РАН Гулев Сергей Константинович

Samarkand International Symposium on Magnetism (SISM-2026) dedicated to the memory of Anatoly Vedyayev, August 17 - 23, 2026, Samarkand, Uzbekistan

The Moscow International Symposium on Magnetism (MISM) used to be held in Moscow every three years starting from 1999 up to 2017. The latest MISM-2017 gathered more than 800 scientists from 41 countries. Because of COVID we could not organize MISM in 2020. Due to the political reasons it was hardly possible to hold MISM in the previous format. The organizers of the MISM decided temporarily shift venue of the regular MISM to the Samarkand State University (Uzbekistan) and name it as SISM. SISM-2023 was very successful with about 200 participants from 16 countries. Due to the global political tensions and by numerous requests we decided to organize next edition of MISM again in Samarkand as SISM - 2026. As we have already seen, Uzbekistan is safe and friendly country. Samarkand (as well as Bukhara, Khiva, Fergana, and Tashkent) has numerous tourist attractions listed in UNESCO, and it is easy to get visa and reach Uzbekistan by flight from any country. The end of August is the best time to visit Uzbekistan due to the comfortable temperatures and the abundant harvest of fresh local fruits, vegetables and other delights of the local cuisine. We would like to approach you with request to join the SISM-2026. The preliminary dates of the symposium are August 17-23, 2026; the venue is Samarkand, Republic of Uzbekistan.

Main topics

- Spintronics and Magnetotransport
- Magnetophotonics (linear and nonlinear magnetooptics, magnetophotonic crystals)
- High Frequency Properties and Metamaterials
- Diluted Magnetic Semiconductors and Oxides
- Magnetic Nanostructures and Low Dimensional Magnetism
- Magnetic Soft Matter (magnetic polymers, complex magnetic fluids and suspensions)
- Soft and Hard Magnetic Materials

- Magnetic Shape-memory Alloys and Magnetocaloric Effect
- Magnetism and Superconductivity
- Multiferroics
- Magnetism in Biology and Medicine
- Magnetic Structures and Neutron Scattering Methods

Important dates

Second announcement **March 15, 2026**

Deadline for registration and submission of abstracts **June 1, 2026**

Deadline for submission of manuscripts **July 1, 2026**

Contacts

Nikolai Perov (perov@magn.ru),

Alexander Granovsky (granov@magn.ru),

Maysara Salakhitdinova (smaysara@yandex.com)

Site: <https://sism.samdu.uz/>

**Информационный бюллетень ПерсТ
издается информационной группой ИФТТ РАН**

Главный редактор: И. Чугуева, e-mail: ichugueva@yandex.ru

Научные редакторы К. Кугель, Ю. Метлин

В подготовке выпуска принимали участие: О. Алексеева, М. Маслов, О. Камынина

Выпускающий редактор: И. Фурлетова