

Нанохимия в МГУ

Лаборатория КГЭ и Центр коллективного пользования «Химия атмосферы. Нанохимия и наноматериалы» Химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова представляют прикладные разработки и фундаментальные исследования

Сергей Савилов

Начиная с 2002 года на химическом факультете МГУ им. М. В. Ломоносова в лаборатории «Катализа и газовой электрохимии» успешно функционирует центр коллективного пользования «Нанохимия и наноматериалы». С использованием установленного в нем уникального научного оборудования выполнены десятки курсовых и дипломных работ, подготовлено несколько кандидатских и докторских диссертаций. Доступ к оборудованию ЦКП получают студенты и молодые ученые, представляющие не только факультеты МГУ, другие вузы Москвы, но и приезжающие на стажировки научные работники из Новосибирска, Екатеринбурга, Минска, Киева, Ростова и других городов России и стран СНГ.

Первая ступень

Первоначально центр основывался с целью демонстрации высокотехнологичного научного оборудования, производимого предприятиями России, при поддержке Фонда содействия развитию малых предприятий в научно-технической сфере. Вклад в его материальную базу внесли компании ЗАО «Спектроскопические системы», ООО «Аналитические приборы и специальные технологии защиты», ЗАО «ИЛИП», ООО «ТНКОМП», ООО «ИТА», НПФ «Инфизприбор», ООО «ТИМИС», ЗАО «СПб-инструментс» и ряд других малых фирм. Поставляя оборудование в ЦКП фактически по себестоимости, постоянно следя за его состоянием и модернизируя, через два года компании не только возвратили недополученные средства, но и существенно увеличили объемы продаж и расширили рынки сбыта.

Важной составляющей успеха является невысокая, по сравнению с зарубежными аналогами, цена приборов, а также эффективная сервисная политика компаний.

Финансовая поддержка и оборудование

С 2005 года Центр в составе химического факультета МГУ получает поддержку со стороны Роснауки и Министерства науки и образования России. Приборный парк пополнился научными приборами импортного производства, не имеющими аналогов в нашей стране: уникальным комплексом оборудования для термоанализа веществ и материалов в составе прибора для синхронного термического анализа, совмещенного с ИК-Фурье-спектрометром и масс-спектрометром, анализатором удельной поверхности с функциями изучения хемосорбции, ТПО/ТПВ, совмещенным с масс-спектрометром, жидкостным и газовых хроматографами, хромато-масс-спектрометром, рентгеновским порошковым дифрактометром.

Не остался в стороне и сам Московский университет — из целевых бюджетных средств для ЦКП приобретены уникальный рамановский (КР) комплекс, ЭПР-спектрометр, элементный (С, Н, N, S, O, Cl) — анализатор, 3D-сканирующий конфокальный микроскоп, универсальная испытательная машина, элементный оптико-эмиссионный спектрометр с лазерным возбуждением ЛАЭС.

Вектор деятельности

Отдельным направлением деятельности ЦКП является сотрудничество с компа-



Многие приборы ЦКП уникальны

ниями, не имеющими собственного R&D центра в России, с целью выполнения научно-исследовательских работ, контроля качества сырья и готовой продукции, а также других исследований. Так, работы, выполняемые на оборудовании ЦКП для таких компаний, как «МЕРК КГА» и «Проктер энд Гэмбел», позволяют самостоятельно финансировать покупку расходных материалов и запасных частей к приборам, осуществлять плановый косметический ремонт помещений.

Для младшего звена

ЦКП на безвозмездной основе обеспечивает работу студентов МГУ им. М. В. Ломоносова и других организаций, принимающих участие в финансировании и создании ЦКП, на оборудовании центра; центр обеспечивает также ознакомление школьников старших классов с оборудованием лабораторий. Один раз в квартал химический факультет МГУ при возможной поддержке негосударственных фондов обеспечивает месячную практику студентов из регионов России (при подаче ими заявки, рассматриваемой в конкурсном порядке) в Москве на оборудовании центра, не компенсируя проезд до МГУ. Химический факультет МГУ обеспечивает проживание практикантов в общежитиях МГУ.

На основании достигнутых договоренностей с образовательными учреждениями на территории России и ряда за-

рубежных стран планируется обеспечить обмен студентами и аспирантами в рамках программ совместных исследований.

Собственный вклад

Сотрудники факультета и ЦКП участвуют в разработке нового научного оборудования. Такой проект реализован под руководством академика РАН Валерия Васильевича Лунина с привлечением ведущих специалистов Белорусского государственного университета при поддержке ЗАО «Спектроскопические системы». Так, в течение 2002–2004 годов разработана и запущена в эксплуатацию линейка атомно-эмиссионных спектрометров, предназначенных для качественного и количественного элементного анализа химического состава различных твердых и порошкообразных веществ и материалов: металлы и сплавы, керамика, стекло, пластмассы, примеси в чистых материалах, прессованные порошки и т. д., а также тонких пленок и покрытий. Спектрометры можно применять при изучении химического состава перечисленных материалов, для поверхностного и послойного элементного анализа.

Приборы позволяют измерять массовые доли более 50 элементов периодической системы (от Li до U) в диапазоне измерений от 10^{-4} до 100 %.

Область применения спектрометров: черная и цветная металлургия, машиностроение, горнодобывающая, полупроводниковая, стекольная, фармацевтическая, электронная и другие отрасли промышленности, производство огнеупорных и керамических изделий, строительных материалов, криминалистика, материаловедение, научные исследования в институтах и учебных лабораториях.

Спектрометры максимально адаптированы для измерения серии образцов. Для этих целей можно опционально установить подвижной автоматический эмплер, позволяющий закреплять до 6 образцов различной формы в камере и определять их элементный состав, не открывая камеры образцов. Это наиболее актуально для измерений, проводимых в инертной атмосфере. Образцы можно автоматически передвигать в трех направлениях в пространстве, что позволяет выбрать необходимый участок изучаемой поверхности. Управление этими операциями производится непосредственно с персонального компьютера, подключаемого в локальную вычислительную сеть, что позволяет проводить эксперимент и контролировать работу прибора удаленно. Контроль над операциями производится с помощью встроенной видеокамеры, изображение с которой подается на терминал оператора.



Делегация Татарстана в гостях у химического факультета МГУ. Во время презентации разработок научного центра

Несмотря на небольшое количество времени, прошедшего с момента разработки, прибор СПЕКС ЛАЭС успешно зарекомендовал себя на ряде ведущих предприятий и учебно-научных учреждений России. Конструкция прибора запатентована, он внесен в реестр средств измерения РФ.

Нанотрубки

Основным научным направлением деятельности сотрудников ЦКП является разработка новых функциональных материалов на основе многостенных углеродных нанотрубок. Так, разработана и запатентована технология получения нового класса наноразмерных гибридных функциональных материалов на основе карбоксилированных углеродных нанотрубок, стабилизированных полимерной матрицей, с возможностью включения в состав наноразмерных металлов или интерметаллидов, оксидов металлов, функциональных групп органической природы. Компоненты, дополнительно введенные в гибридный материал в процессе его получения, определяют свойства и, соответственно, сферу использования продукта.

Метод очистки и другие технологии

Разработан также универсальный метод очистки углеродного наноматериала от возможных примесей и одновременной его функционализации карбоксильными группами.

Впервые осуществлен эксперимент по определению количества образовавшихся карбоксильных групп четырьмя независимыми методами: титриметрически, флуориметрически (с прививкой метки), термогравиметрически и с использованием С13-ЯМР спектроскопии. Показано наличие двух типов карбоксильных групп — на внешней по-

верхности МУНТ и образовавшихся в разрывах внутренних слоев. Отработана методика стабилизации суспензий карбоксилированных МУНТ в воде и органических растворителях, а также их взаимодействие акрилатными полимерами. Осуществлена функционализация многостенных углеродных нанотрубок гидроксиметильными и хлорметильными группами; ковалентным присоединением удалось иммобилизовать на поверхности модифицированных МУНТ несколько физиологически активных органических соединений с сохранением свойств органической составляющей, что открывает перспективы использования МУНТ для целевой доставки и пролонгации действия лекарственных препаратов. Разработана методика определения металла в композитах методами спектроскопии ИСП и ЭПР.

Путем изучения полученных УНТ и нановолокон с помощью электронной микроскопии высокого разрешения сделано предположение о механизме процессов роста данных материалов и появлении дефектов, позволяющих добиться функционализации до 5 % (в пересчете на карбоксильную группу).

Показана высокая селективность данных материалов (МУНТ-72 %, нановолокна-93 %) в реакциях каталитического гидрирования хлорацетофенона. Изучена также возможность комбинации модифицированных карбоксильными группами МУНТ с полимерами в процессе формирования полимерного покрытия за счет контактов ионогенных групп компонентов (формирование прочного межфазного комплекса с максимальной долей межмолекулярных ионных взаимодействий). Полученные образцы охарактеризованы методами ДТА-ТГ, масс-спектрометрии, СЗМ, ПЭМ высокого разрешения, СЭМ, ЛРСМА, ЯМР 1H и 13C, ЭПР, методами оптической спектроскопии и рентгеновской дифракции. ■

Все отходы идут в Китай

Китай не только лидер по производству полимеров, но и крупнейший импортер полимерных отходов: на Поднебесную работают поставщики из Австралии, США, Тайваня, Германии и многих других стран мира

Сергей Ким

Поставщики и структура

В 2006 году, согласно данным T&T Group Inc (США) и China Plastics Recycling Committee (Китай), страна импортировала около 6 млн т полимерных отходов, что на 18 % больше уровня 2005 года (4,96 млн т). По итогам 2007 года эта цифра может достичь 10 млн т.

В структуре импорта лидирующие позиции занимают полиэтилен — 30 %, ПВХ — 20 %, ПЭТ — 13 %. Полиэтилен и ПЭТ поступают в основном с полигонов твердых бытовых отходов. Основным источником данного вида отходов является упаковка, в том числе использованные полимерные бутылки и контейнеры.

Как было замечено, география поступающего импорта полимерных отходов весьма обширна. Структура поставок в 2006 году представлена на диаграмме 1.

Пункты приема

В связи с тем, что основные объемы импорта поступают в страну морским путем, значительная нагрузка ложится на

основные порты Китая.

Вот о чем свидетельствует статистика: в 2006 году 42 % полимерных отходов поставлялись через Guangzhou (2,5 млн т); 19 % пришлось на долю Shenzhen (1 млн т); через Shanghai было поставлено около 630 тыс. т, или 11 %; на долю Ningbo и Tianjin приходилось по 7 % (по

400 тыс. т) и на долю остальных пришлось около 14 %.

Преобладание поставок полимерных отходов через два порта — Guangzhou и Shenzhen — объясняется географической близостью к основному поставщику отходов — Гонконгу. Во многих случаях Гонконг служит перевалочной базой для

Таблица 1. Импорт полимерных отходов в Китай в 2000–2006 гг.

Год	Отходы, тыс. т					Итого отходов
	ПЭ	ПС	ПВХ	ПЭТ	Иные виды	
2000	197	114	111	–	1 585	2 007
2001	280	143	211	–	1 591	2 225
2002	530	242	144	–	1 542	2 458
2003	1 629	232	217	–	946	3 024
2004	1 431	338	624	–	1 702	4 096
2005	1 324	381	907	667	1 678	4 957
2006	1 739	237	1 175	755	1 959	5 865

T&T Group Inc., China Plastics Processing Industry Association