

# Новые углеродные материалы для энергетики будущего



**Игорь Рязанов,**  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории физико-  
химических технологий  
НПЦ НАН Беларуси по  
материаловедению

Деятельность лаборатории физико-химических технологий уже много лет связана с углеродными материалами – графеноподобным углеродом, графитом, техническим углеродом, активированными углями и композиционными системами на их основе.

Один из главных успехов коллектива – разработка собственного метода синтеза графеноподобного углерода, отличающегося низкой себестоимостью, экологичностью и позволяющего получать материал с высокой степенью структурного совершенства (рис. 1, 2). Изучаются самые разные направления его использования – от регенерируемых сорбентов для очистки нефтяных разливов до проводящих и армирующих добавок в полимеры, строительные материалы, медь и электродные материалы накопителей энергии.

Активно осваиваются и новые области применения графеноподобного углерода – в газовых сенсорах и материалах для хранения водорода. Совместно с партнерами из Казахстана в лаборатории были созданы и исследованы сенсоры для контроля чистоты водорода в топливных ячейках. А соединения внедрения щелочных металлов в графеноподобном углероде уже показали первые обнадеживающие результаты в качестве водородных сорбентов при комнатной температуре. Эти исследования планируется развивать в ближайшие годы.

Не менее интересна работа над реструктурированным графитом – новым типом объемного графитового материала, получаемого из порошка без связующих и без высокотемпературных стадий карбонизации, графитизации. Данная технология позволяет гибко управлять свойствами материала – от легких пористых «графитовых пен» (рис. 3) до высокоплотных, анизотропных образцов с плотностью до  $2 \text{ г/см}^3$ , теплопроводность которых превышает показатели меди, что делает их перспективными для систем теплоотвода и теплового менеджмента.

Тема углеродных материалов способствует возникновению новых научных направлений, которые со временем получают самостоятельное развитие. В этой связи в структуре лаборатории оформились два дополнительных стратегически значимых

вектора: по материалам для перспективных систем накопления энергии и для отвода и рассеивания тепла.

В рамках первого направления в Беларуси созданы прототипы натрий-ионных и цинк-ионных аккумуляторных ячеек на базе собственных электродных материалов, сформирована уникальная материально-техническая база для исследований в этой области.



**Рис. 1.** Завлабораторией Владимир Новиков демонстрирует контейнер с синтезированным порошком графеноподобного углерода

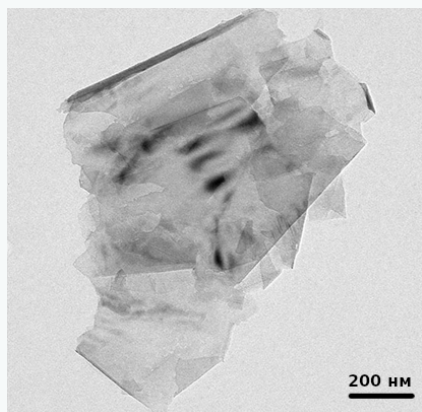


Рис. 2. Изображение просвечивающей электронной микроскопии частицы малослойного графена, синтезируемого в лаборатории



Рис. 3. Образец легковесной графитовой пены, полученной методом реструктурирования графита

Натрий- и цинк-ионные системы сегодня рассматриваются как потенциальное звено «зеленого» перехода: они позволяют получать более доступные и безопасные технологии хранения энергии. В отличие от литий-ионных натрий- и цинк-ионные аккумуляторы опираются на более распространенные и недефицитные элементы, что снижает зависимость от сырья и колебаний цен. Это делает их перспективными для устойчивой энергетики будущего.

Главная сложность в этой области – переход от лабораторных прототипов к организации выпуска продукции. При ручном изготовлении ячеек сложно добиться точности дозировки, стабильной толщины и качества электродов и высокого уровня сборки – всего того, что обеспечивается на автоматизированных линиях. Поэтому мы активно ищем стратегических партнеров в лице центров, обладающих такими возможностями, в том числе с инновационными и промышленными площадками. Один из них – Китай – мировой лидер в области металл-ионных аккумуляторов. При этом собственные

прототипы позволяют ученым лучше понимать систему в целом, фокусируя дальнейшие усилия на совершенствовании наиболее перспективных позиций.

В области материалов для теплоотвода и диссипации тепла лаборатория сотрудничает с промышленными партнерами, реализуя новое поколение систем охлаждения для электроники и электротехники. В разработках используются графитовые материалы с высокой теплопроводностью и пористые медные структуры, полученные методом темплатного синтеза (рис. 4).

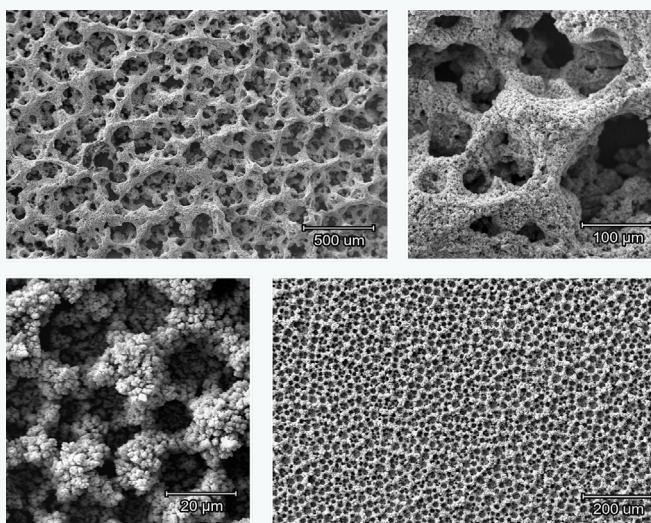


Рис. 4. Примеры изображений растровой электронной микроскопии пористых медных структур для задач диссипации тепла, синтезируемых темплатными методами

Исследования коллектива тесно связаны с глобальными научно-техническими вызовами. Создание материалов для накопителей энергии содействует переходу к «зеленой» экономике и остается одной из самых востребованных тем в мире. Но не меньшее значение имеют проекты, нацеленные на повышение конкурентоспособности национальной экономики. Один из них связан с суперконцентратом на основе отечественного технического углерода и графеноподобных добавок для придания антистатических свойств полиэтилентерефталату и волокнам на его основе. Инновация ориентирована на освоение в Беларуси производства антистатических полиэфирных тканей, необходимых, например, для спецодежды сотрудников предприятий химической и электронной промышленности.

В ближайшие годы лаборатория намерена сосредоточиться на областях, связанных с новыми углеродными материалами и энергетикой будущего. Коллектив ищет ниши, где белорусские разработки смогут стать частью международных технологических цепочек. Для этого активно расширяется сотрудничество с

зарубежными научными центрами и предприятиями из Китая, Индии, Казахстана, укрепляются связи с промышленными компаниями Беларуси и России.

Отдельная важная задача – эффективное использование созданной экспериментальной базы для исследований металл-ионных аккумуляторов. Лаборатория рассчитывает стать точкой роста и центром компетенций в этой области. В нашей стране лишь немногие группы действуют в данном поле во многом из-за невозможности охватить полный цикл – от синтеза и изучения материалов до сборки и тестирования ячеек, поэтому коллектив приглашает к сотрудничеству университеты и академические институты.

Большое внимание уделяется работе с молодежью. В нашей лаборатории школьники, студенты и аспиранты получают возможность сделать первые шаги в науке. Так, младший научный сотрудник И.А. Сидоров стал победителем конкурса «100 инноваций молодых ученых – 2024» с проектом «Цинковый аккумулятор».

Ученицы СШ №19 Татьяна Филипп и Елизавета Гореликова выполнили учебный проект по исследованию активированного угля в качестве электродного материала для суперконденсаторов, который был представлен на школьных научно-практических конференциях и стал мотиватором для сверстников также попробовать себя в науке (рис. 5).

Сегодня на горизонте появляется новое стратегическое направление, связанное с автоматизацией научных экспериментов. Первые примеры реализации так называемых dark labs (лаборатории, работающие в темноте) или self-driving labs (самоу-



Рис. 5. Ученица средней школы №19 Татьяна Филипп за работой над изготовлением ячейки суперконденсатора

правляемые лаборатории) можно видеть в ведущих университетах Китая. Такие автоматизированные экспериментальные комплексы, интегрированные с искусственным интеллектом, в состоянии не только управлять ходом исследований, но и анализировать полученные данные, предлагать оптимальные параметры и планировать последующие эксперименты. Подходы этого типа открывают новые возможности для ускорения научного прогресса, например, при оптимизации состава многокомпонентных электролитов или создании сложных композиционных электродных материалов. Все это становится доступнее благодаря 3D-печати, распространению технической культуры DIY (do it yourself) и росту экосистемы программного обеспечения с открытым исходным кодом, что открывает дорогу к организации умных лабораторий даже с минимальными ресурсами.

На стыке физики, химии, материаловедения, ИИ и автоматизации будет формироваться

новая культура научной работы, где исследования становятся быстрее, точнее и эффективнее. Именно здесь будут рождаться решения, значительно ускоряющие научный поиск и одновременно повышающие его воспроизводимость. В ближайшие годы мы планируем интенсифицировать данный подход и привлекать молодых специалистов и энтузиастов, способных объединить инженерное и научное мышление. Лаборатория физико-химических технологий намерена стать не просто местом проведения экспериментов, а одним из узлов роста новой научно-технологической экосистемы. Сочетание компетенций в области углеродных материалов, материалов для накопителей энергии, целенаправленной работы с молодежью и движения к автоматизированным, самоуправляемым лабораториям может дать реальный шанс занять собственное место на карте мировой науки, генерируя инновации, развивающие страну и формирующие ее будущее. ■