

review RUSNANOTECH 08

Энергетическая реформа на молекулярном уровне

Развитые страны уделяют огромное внимание освоению возобновляемых источников энергии. Так, энергетическая стратегия Евросоюза предусматривает получение не менее 20% энергии из возобновляемых источников к 2020 году. В связи с этим особые надежды возлагают на нанотехнологические разработки. В России тоже реализуется ряд крупных проектов в этой сфере.

Вне закона Ома

Применение нанотеха в энергетике весьма разнообразно и иногда неожиданно. Например, всем известно, что высокотемпературные сверхпроводники — дорогой и пока довольно экзотический продукт. Тем не менее стоимость электростанции достигла такого уровня, что использование этих материалов становится экономически оправданным. Наноструктурированные сверхпроводящие ленты (они имеют пропускную способность для электрического тока в 10 раз выше, чем аналогичный медный провод) для использования в мощных магнитах и энергоустановках уже выпускаются в Германии и других странах.

Прямое отношение к энергосбережению имеют и новые нанопористые материалы — кристаллические аломосиликаты, повышающие эффективность отопительных приборов и одновременно поглощающие выделяемый при сгорании топлива в автономных отопителях углекислый газ. Устройства, использующие этот материал, уже производятся в Европе.

Продолжать ряд подобных примеров можно еще долго: наноматериалы и наноструктуры уже прочно обосновались в многочисленных отраслях, связанных с энергетикой. В среднесрочной же перспективе важнейшие применения нано в этой сфере будут связаны с водородными элементами, солнечными источниками электричества, материалами для новых и традиционных энергоустановок.

Больше солнца, больше света

Ричард Смолли, один из отцов нанотехнологий, полагал, что энергетическая проблема — самая важная из тех, с которыми мы сегодня сталкиваемся человечество. Относя к ней как низкое энергосбережение, так и недостаточное производство



Источники света, в которых использованы наноматериалы, позволяют в разы сократить расходы на освещение городских улиц

энергии. Смолли надеялся, что в обеих этих областях нанотехнологии способны произвести революцию.

По данным исследовательской компании Lux Research, объем рынка солнечных энергетических устройств в 2008 году превысит \$33 млрд, а уже в 2013 году он утроится, достигнув \$100 млрд. Производители этой техники мечтают снизить ее стоимость до \$1 за ватт мощности. В этом случае солнечная энергия сможет составить конкуренцию энергии, произведенной за счет сжигания угля и нефтепродуктов. Пока к этому рубежу не приблизилась ни одна из используемых в солнечной энергетике технологий.

Доля этого рынка, принадлежащая устройствам на тонких (в несколько сот нанометров) неорганических пленках, составляет более 20%. В абсолютных цифрах это \$7,13 млрд, а прогноз на 2013 год дает \$25,8 млрд — это означает даже более быстрый рост, чем у рын-

ка в целом. В свою очередь, среди тонкопленочных технологий сегодня наиболее перспективным в коммерческом отношении считается применение аморфного кремния. Эффективность таких элементов не очень высока (7–8% для промышленных установок), но зато они довольно дешевы. Мировое производство тонкопленочных солнечных модулей на основе аморфного кремния в период с 1999 по 2006 год росло ежегодно в среднем на 80%.

Масштабный выпуск таких солнечных элементов и модулей готовится развить российское научно-производственное предприятие «Квант». В частности, планируется построить казанстанско-российский завод с суммарной энергопроизводительностью продукции до 50 мегаватт в год. НПП «Квант», выросшее из основанной в 1919 году мастерской, с 1950-х годов занимается автономными источниками энергии для ракетной и космической тех-

ники. На третьем искусственном спутнике Земли, запущенном в 1958 году, уже работала солнечная энергоустановка, созданная специалистами этого предприятия. В дальнейшем оно обеспечивало солнечной энергией самые амбициозные и успешные космические программы в нашей стране.

«Квант» производит и солнечные энергоустановки на кристаллическом кремнии для наземного использования. Среди инновационных проектов предприятия — не только элементы и модули на тонкопленочном аморфном кремнии, но и значительно более эффективные элементы на многослойных гетероструктурах, представляющих собой нечто вроде сложного бутерброда из пленок толщиной в несколько нанометров. В настоящее время обсуждается возможное участие корпорации «Роснано» в финансировании этих проектов.

Свет в конце диода

Еще одно связанное с энергетикой направление нанотеха, где разработки в России ведутся давно, — нанотехнологические светодиоды.

По словам профессора МГУ, доктора физико-математических наук Александра Юновича, сейчас 20% всей энергии в мире тратится на освещение. Около половины этой энергии можно будет сэкономить, если получат достаточное распространение новые источники света — полупроводниковые светодиоды, созданные с использованием нанотехнологий. В США уже существует законопроект о постепенном переходе на светодиодные источники света. По некоторым оценкам, экономия, полученная благодаря этому переходу, может составить \$100 млрд. Серийно выпускаемые светодиоды уже сейчас в несколько раз экономичнее обычных ламп накаливания (у экспериментальных прототипов это показатель достигает десяти раз). При этом, как полагает господин Юнович, светодиоды на основе светодиодов могут предоставлять уникальные удобства, например легко переключаться с внутреннего типа освещения в комнате на вечерний.

Основу для создания подобных источников света заложили российские ученые Олег Лосев и Жорес Алферов, Ник Холловик из США и японский исследователь Суджи Накамура. Сейчас исследователи во многих странах занимаются повы-

шением эффективности светодиодов белого свечения, предназначенных для бытовых светильников. На Западе уже существует ряд компаний, успешно коммерциализирующих такие разработки. Развитие светодиодного направления вполне оправданно экономически: вложения начинают окупаться через 2–4 года.

В России подобные компании тоже существуют, среди них «Корвет Лайтс», ASCO Technologies, «Оптэл», «Светлана-Оптоэлектроника». Однако они пока что отстают от своих зарубежных коллег по масштабу исследований и практического применения своих технологий. Среди причин обычного названия недостатков финансирования, кадровую проблему, отсутствие централизованной поддержки на государственном уровне. «В России есть все необходимое для создания широкомасштабной программы развития светодиодного освещения. Но без направляющей организационной деятельности и целевого финансирования со стороны государства это неосуществимо. Создание такой программы госфинансирования привлечет в отрасль и инвестиции частного капитала. В результате будут обеспечены развитие светодиодного освещения и большая экономия электроэнергии в нашей стране», — полагает профессор Юнович. По его расчетам, если к 2012 году половина ламп накаливания в России будет заменена светодиодами, уменьшение потребления энергии даст экономию более 10 млрд руб. в год. Эта приблизительная оценка не учитывает того, что, хотя нынешняя стоимость электростанции в России меньше, чем в Европе (приблизительно в 4 раза), она обязательно будет повышаться с течением времени.

Единичный опыт получит развитие — использование нанотехнологических установок СИБУР включили в стратегию компании. Нанотехнологии помогают решать энергетические проблемы даже на индивидуальном уровне. «Мы разработали портативное зарядное устройство — «розетку», которую можно просто носить в дамской сумочке и при необходимости подзаряжать мобильные устройства. Это стало возможным благодаря так называемым градиентным нанопористым материалам», — рассказывает Лев Трусов.

Энергия отходов

В России есть достойные разработки в области новой энергетики, где нанотехнологии активно используются уже сегодня, например переработка энергонасыщенных отходов. «Мы сейчас делаем проект, который связан с созданием энергопрофицитных установок, работающих целиком на непищевой биомассе. Это может быть солома, мусор, древесина. Нанотехнологии здесь очень эффективны», — рассказывает Лев Трусов, генеральный директор ассоциации «Аспект». В частности, нанотехно-

логии применяются при выработке энергии на основе биомассы, из которой получается биогаз — смесь метана и углекислого газа. С помощью так называемых нанопористых структур эту смесь можно разделить, и каждая из составляющих принесет свою пользу. «Метан можно направить в турбину и получить энергию, а углекислый газ направить в теплицу, чтобы растения лучше росли. Мы сейчас строим первый такой комплекс в Калужской области, причем при личной поддержке губернатора Артамонова», — рассказывает Лев Трусов. Такие установки в перспективе могут решить одну из основных российских проблем — недостаточности местных источников энергии. В России газифицировано только 12% домов в сельской местности. Энергетические установки, работающие на биомассе, могут устранить необходимость проведения газопроводов в отдаленные, разбросанные по огромной стране деревни и села.

Другая проблема, решаемая сейчас с помощью наноматериалов, — энергосбережение в области нефтедобычи. «Об этой проблеме в послании Федеральному собранию писал еще занимавший тогда пост президента Владимир Путин. Она состоит в том, что мы просто сжигаем 20 млрд кубометров попутного газа, и так из года в год. Применение наномембранных, нанокаталитических материалов позволило создать серьезную промышленную установку на одном из предприятий СИБУРа и на практике доказать, что эта проблема решаема: попутный газ можно не сжигать, а перерабатывать в ценные товарные продукты — бензол, толуол и другие материалы, которые востребованы на рынке», — рассказывает Лев Трусов.

Еще одной положительной стороной кризиса для инвесторов является возможность набирать команды высококлассных специалистов. Зарплаты были завышены, спрос был больше, чем предложение. Найти хороших специалистов, конкурируя с банками и крупными финансовыми компаниями, было непросто. Сейчас они соглашаются идти в маленькие компании.

— Почему в России не так много примеров высокотехнологичных проектов?

«Кризис — время неплохое»

Директор отдела управления фондами венчурных инвестиций Troika Capital Partners AP-ТЕМ ЮХИН описывает положение дел в сфере финансирования новых предприятий и видов деятельности, традиционно считающихся высокорискованными.



— Как глобальный финансовый кризис повлияет на венчурные инвестиции в России?

— У венчурных компаний есть свои циклы: сначала фонд поднимают, потом инвестируют, а через 5–7 лет компании нужно продавать. Ситуация зависит от того, на каком из этапов кризис застал процесс. Те, кто уже поднял деньги и собрал фонд, — в прекрасном положении. Те же компании, которые уже почти весь фонд проинвестировали и планировали сейчас делать выход или поднятие новых денег, оказались в очень тяжелой ситуации. Продавать сейчас что-либо крайне невыгодно, а выход сделать необходимо.

Наша компания оказалась в числе первых, она недавно провела поднятие денег, и сейчас действуют три региональных фонда. В ближайшие дватри года мы не планировали делать выходы.

— Имеет ли смысл во время кризиса вкладывать деньги в науку?

— Конечно, сейчас самое время подумать, во что инвестировать. У многих инвесторов сейчас денег все равно много, а вкладывать их в фондовый рынок или недвижимость опасно.

Для тех, у которых есть деньги, кризис — время неплохое. Сейчас существует много недооцененных компаний с хорошей технологией, сложившейся командой, некоторые из них уже были профинансированы на первом этапе. Но у них проблемы с ликвидностью. Инвесторы могут ставить более выгодные условия, входить в компанию дешевле.

Еще одной положительной стороной кризиса для инвесторов является возможность набирать команды высококлассных специалистов. Зарплаты были завышены, спрос был больше, чем предложение. Найти хороших специалистов, конкурируя с банками и крупными финансовыми компаниями, было непросто. Сейчас они соглашаются идти в маленькие компании.

— Почему в России не так много примеров высокотехнологичных проектов?

— Времени не хватает. Подобных проектов в России все-таки достаточно, особенно в области информационных технологий, потому что эта сфера требует меньших материальных затрат, чем, например, нанотехнологии. В области IT мы проходим через закономерные фазы: 15 лет назад начался период офшорного программирования, люди писали программы на заказ и высылали в центр. На втором этапе в России стало действовать много транснациональных компаний, появились специалисты мирового уровня. Теперь же они должны начать создавать свои проекты. Но для этого нужно время и интерпретерский опыт.

— Существует ли еще проблема утечки мозгов?

— Тот факт, что много наших соотечественников уехало за границу, наоборот, является возможностью, которую нельзя не использовать. Ученые космополитичны, им все равно, с какими странами вести совместный проект, главное — чтобы для этого были созданы условия. Многие из наших соотечественников сейчас либо возглавляют ведущие научные школы, либо занимают высокие посты в крупных компаниях. Им интересно было бы поделиться опытом. Если ученый владеет языком, в стране ему предлагают интересный проект, за который платят нормальные деньги, — почему бы ему не вести свою деятельность на родине?

Нужно создавать научную среду, постоянно устраивать конференции. Например, если бы в Черноголовке были специальные помещения для проведения форумов и хоть одна приличная гостиница, можно было бы приглашать туда ученых. Кроме того, должны создаваться лаборатории, чтобы ученым было где проводить исследования. Компании «Роснано» надо сконцентрировать усилия на создании именно такой инфраструктуры и культуры.

Интервью взяла Людмила Комарова

Футбольное поле размером с дюйм

Мировой рынок автомобильных катализаторов униклен: он создается не потребительским спросом, а регулируемыми органами. С 2010 года новые автомобили в России должны соответствовать экологическому стандарту «Евро-4», а с 2012 года планируется переход на «Евро-5». Стремясь повысить характеристики каталитических нейтрализаторов — это полное имя автомобильного катализатора, — производители неизбежно приходят к использованию нанотехнологий.

Рынок очиснения

Сумьешением размеров частиц катализатора увеличивается его поверхность, на которой, собственно, и происходит катализ. Это снижает потребность в благородных металлах, которые традиционно используются в катализаторах, и открывает дорогу к использованию новых, более экономичных материалов.

Российский рынок каталитических нейтрализаторов зависит от продаж автомобилей и жесткости принимаемых норм. Через пять лет эксперты ожидают более чем двукратного роста рынка. В основном спрос будет расти за счет перехода иностранных автоконцернов, собирающих автомобили на территории России, на использование российских систем нейтрализации отработанных газов — переходить на автокомпоненты местного производства их обяжут соглашения, подписанные с Минэкономразвития.



Катализатор выхлопных газов автомобиля — самая известная область применения наноматериалов в деле охраны окружающей среды

На одном из крупнейших российских производителей автомобильных систем нейтрализации — Новоуральском заводе автомобильных катализаторов — еще несколько лет назад начали работу над производством нейтрализаторов и систем очистки газов с усовершенствованной структурой материалов для двигателей с высокими экологическими стандартами. За счет инноваций завод планирует к 2011 году занять не менее 35% российского рынка.

Сейчас завод реализует два новых проекта — по разработке систем нейтрализации для автомобилей с дизельным двигателем и по производству катализаторов с повышенной жаропрочностью для транспорта с двигателями стандарта «Евро-5». При производстве автокатализато-

ров используются наноструктурированные материалы.

Бутерброд с платиной

Созданный в 1994 году Новоуральский завод автомобильных катализаторов входит в состав крупнейшего в мире предприятия по обогащению урана — Уральского электрохимического комбината (УЭХК). Надо сказать, что в России высокотехнологичные производства часто появлялись именно в качестве конверсионных идей на предприятиях, располагавших оборудованием, позволяющим проводить научные исследования и выпускать продукцию двойного назначения. Еще в 1970-е годы прошлого века на УЭХК начали работать над созданием катализаторов для космической отрасли. В 1989 году на УЭХК были

созданы лаборатория и опытный участок сборки нейтрализаторов — комбинат решил применить свой опыт в производстве систем нейтрализации для автотранспорта.

«За разработки такого рода шла очень сложная борьба, было много противников. Пришлось пробовать вопрос через Кремль, доказывая, что лыжная доля загрязнения атмосферы приходится на автотранспорт. В итоге нам с самого начала поставили задачу обеспечивать потребности в системах нейтрализации всех заводов СССР», — говорит директор завода автомобильных катализаторов Николай Данченко. В 1994 году был запущен завод автомобильных катализаторов, который выпускал продукцию по лицензии компании Engelhard.

Одновременно на заводе автомобильных катализаторов в сотрудничестве с Институтом катализа СО РАН им. Г. К. Борескова и Центральным научно-исследовательским автомобильным и автомоторным институтом начали разрабатывать собственные технологии выпуска катализаторов и материалов для них. В 1998 году начали выпускать катализаторы для двигателей стандарта «Евро-2» и поставили их практически всем российским автозаводам, в частности АвтоВАЗу, УАЗу, СП GM-АвтоВАЗ. К 2003 году завод освоил выпуск катализаторов стандарта «Евро-3».

Николай Данченко рассказывает, что уже несколько лет при производстве катализаторов ис-

пользуются наноструктурированные частицы оксидов алюминия, церия, титана, бария, циркония, лантана и частицы благородных металлов (платины, палладия, родия), обеспечивающие протекание окислительно-восстановительных реакций в широком диапазоне температур и состава газовой среды.

Зачем в производстве систем нейтрализации нужны именно наночастицы, Николай Данченко объясняет следующим образом. Так называемые нанесенные катализаторы — это блочные структуры, где на каждый квадратный дюйм приходится 400–600 каналов, по которым с большой скоростью вместе с воздухом выходят частицы топлива, сгоревшего в двигателе. Активная поверхность, на которой происходит процесс, в одном блоке равна поверхности футбольного поля — настолько

должна быть развита пористая структура материала. Для этого удельная поверхность материала должна составлять 100–200 кв. м на грамм.

«Если сделать оксид алюминия обычным методом, мы можем получить гамма-фазу, которая при нагреве оксида алюминия до 950°C переходит в альфа-фазу», — говорит Николай Данченко, — в результате чего активной поверхности сплещется и теряется его пористость. Поэтому мы используем при изготовлении материалов для автокатализаторов золь-гель-методы. Возможность при помощи золь-гель-технологий конструировать катализаторы не только позволяет уберечь частицы от спекания, но и делает себестоимость продукции ниже. «Если «футбольное поле» намазать платиной, с одной стороны, это очень дорого, с другой — почти не будет работать», — комменти-

СДЕЛАНО В ЯПОНИИ

Наноструктурированные каталитические нейтрализаторы — мейнстрим автомобильной промышленности. 19 ноября новый рекорд поставила Nissan: компания выпустила на японский рынок модель Cube с катализатором, в котором размер наночастиц благородных металлов уменьшен до одного нанометра. Это буквально несколько атомов. Наночастицы вкраплены в более крупные структуры размером 10 нанометров и более, которые, в свою очередь, разделены наностенками (чтобы не слипались) и закреплены на поверхности носителя. Благодаря этой технологии удалось в два раза сократить использование благородных металлов, а содержание оксидов азота в выхлопных газах оказывается на 75% меньше, чем требуют японские экологические нормы. При этом стоимость изготовления нового катализатора тоже снизилась, поскольку снизилось содержание благородных металлов, сообщает корреспонденту. Б. представляет японского офиса Nissan Мицую Ионекава. Компания, по его словам, активно использует нанотехнологии, и не только в катализаторах. Однако в рекламных материалах писать это слово не спешит. «Мы хотим избежать возможного непонимания покупателями термина «нанотехнологии», поэтому сознательно его не используем», — объяснил господин Ионекава.

рует Николай Данченко. — Только соединение компонентов активного слоя с драгметаллами в необходимых количествах дает синергетический эффект и резко повышает эффективность катализатора.

Для суровых зим

Завод автомобильных катализаторов уже научился производить катализаторы для бензиновых двигателей с токсичностью по стандартам «Евро-4». Для «Евро-5» нужны более совершенные конструкции нейтрализаторов — с высокой температурной устойчивостью.

Дело в том, что для более высокой степени очистки выхлопных газов катализатор должен выключаться в работу как можно раньше, поэтому в современных автомобилях его располагают очень близко к двигателю. Это значит, что на катализаторы попадают раскаленные газы, и они должны выдерживать высокую температуру. Уже сейчас мы используем материалы, которые держат 1100°C. Базовые формулы те же, но сделаны по новым технологиям», — говорит Николай Данченко. Один из новых инвестпроектов завода автомобильных катализаторов — производство новых катализаторов для двигателей по стандарту «Евро-5». Подорожности проекта на заводе не раскрывают, ограничиваясь сообщением, что производство будет расположено не на площадке УЭХК, а в другом городе.

Второй крупный проект, который завод реализует совме-

стно с Институтом катализа имени Борескова и рядом предприятий-производителей автокомпонентов Москвы и Санкт-Петербурга, — производство отечественных систем нейтрализаторов отработанных газов для автомобилей с дизельным двигателем по стандартам «Евро-4». Николай Данченко рассказывает, что в первую очередь такие системы будут сделаны для КамАЗа. Работы начались в феврале, а в декабре этого года на моторных стендах КамАЗа пройдет испытание новых систем нейтрализаторов.

Европейские разработчики автокатализаторов для дизелей, кстати, предлагают систему для восстановления оксидов азота при помощи мочевины. Рядом с топливным баком в автомобиле должна стоять емкость с мочевиной. И, что совершенно не подходит для России с ее суровыми зимами, раствор замерзает при минус 11°C. «У нас совсем другие технологии», — отмечает Николай Данченко, но в подробности не углубляется. По требованию международных ГОСТов производители автокомпонентов должны представить раскладку всех изменений в составах катализаторов своим потребителям. А конкуренты не спят. Поэтому разработчики предпочитают заниматься инвестпроектами в условиях конфиденциальности. Взаимопонимание в «Роснано» в этом вопросе, по их словам, они уже нашли.

Александр Кирикович