

# Материалы, определяющие стиль жизни

26 января в конференц-зале Выставочного центра СО РАН академик Фёдор Андреевич Кузнецов рассказывал школьникам Академгородка о той роли, которую играют материалы в развитии человеческой цивилизации.

Изобретение многих материалов, можно сказать, поворачивало «колесо истории», изменяло стиль жизни. Прошлое, настоящее, будущее нашло отражение в лекции известного ученого-материаловеда.

Каменный век — основные орудия труда и оружие изготавливались главным образом из камня, использовались также дерево и кость, позднее — глина для посуды. Бронзовый век — распространение металлургии бронзы, бронзовых орудий и оружия. Заметный прогресс в развитии человечества связан с распространением металлургии железа. Материалы, существенно изменившие жизнь людей — бумага, каучук-резина, фарфор-фаянс, ряд металлов — алюминий, титан, цирконий, редкоземельные, без которых просто невозможно представить день сегодняшний. Появился кевлар — полимерное волокно, превосходящее по прочности многие металлы, из него «шьют» бронжилеты, делают сверхпрочные канаты и многое другое.

Расширение спектра и характеристик материалов вело к усложнению и многофункциональности объектов народного хозяйства.

## Энергетика — начало начал

Академик Ф.А. Кузнецов начал с того, что в подробностях осветил тему «Атомная энергетика».

— Атомный реактор — сложнейшее сооружение, для создания которого требуется большое количество самых разных материалов, исключительных по своим свойствам — современных, стойких, сильных. Ведь надо учитывать происходящие внутри сложнейшие процессы, радиоактивность, которую требуется наглухо изолировать, чтобы сделать АЭС безопасными и т.д., и т.п.

История ядерной энергетики охватывает период более полувека. Сегодня она стала важной частью энергетических технологий. Доля выработки электроэнергии на АЭС постоянно растёт. Мировым лидером по суммарной мощности реакторов являются США, а по доле атомной энергии в энергетическом балансе — Франция (75%). Всего в мире насчитывается 441 энергетический реактор общей мощностью 374682 МВт и 65 — в стадии сооружения. Атомная энергетика выдает 14% энергии в мире. В России — 17%, но по ближайшим планам — 25-30%.

Главное топливо для АЭС — уран, который состоит из ряда изотопов. А нужен только один, в котором сумма протонов и нейтронов — 235. Цепная ядерная реакция с разложением изотопа уран-235 сопровождается выделением колоссальной энергии.

Поскольку в природном уране его содержится меньше процента, а наиболее распространённые ядерные реакторы работают с топливом, в котором должно содержаться 3-5% урана-235, то прежде, чем изготовить топливо для АЭС, повышают содержание этого изотопа в уране. Процесс обогащения проводят с использованием летучего соединения гексафторида урана — UF<sub>6</sub>. Затем гексафторид урана, обогащенный по 235-му изотопу, переводят в двуокись UO<sub>2</sub>, из которой изготавливают «таблетки» тепло-выделяющих элементов (ТВЭЛов).

Таблетки оксида урана будут работать длительное время при температуре выше тысячи градусов. При этом они не должны разлагаться, взаимодействовать с окружающей средой.

Видя неподдельный интерес школьников, учёный продолжил тему и показал, как идет выделение атомной энергии, как «работает» уран-235, претерпевая цепную реакцию, какая могучая энергия выделяется: миллионы электронвольт в расчёте на распад одного ядра. И что же дальше? Будущее атомной энергетики связывают с термо-ядерным синтезом. В его основе могут быть разные процессы. Например, взаимодействие двух изотопов водорода — тяжёлого дейтерия и трития: соединяясь, они образуют атом гелия. В расчёте на один акт выделяется около 20 млн электронвольт — это больше, чем при разложении атомов урана. К тому же запасов урана, по разным подсчё-

там, хватит, самое большее, лет на сто.

Ф.А. Кузнецов показал экспериментальный образец будущего реактора, названного русским сокращением ТОКАМАК — ТОроидальная КАмера с МАгнитными Катушками. В такой камере и нужно разогнать электроны, создать плазму с температурой выше 1 млн градусов, и тогда пойдёт реакция.

Действующей термоядерной станции на сегодня не существует. Но предложенные разные её варианты говорят о том, что термоядерная энергия — дело будущего. Многие коллективы упорно работают над решением задачи.

Учёный особо подчеркнул, что любые достижения науки должны попадать в правильные руки. Иначе может случиться трагедия. Пример тому — атомные бомбы, сброшенные в августе 1945 г. на японские города Хиросиму и Нагасаки. В бомбе, сброшенной на Хиросиму — тот же уран-235, но с более высокой концентрацией, чем в топливе для АЭС. Цепная реакция и дала врыв огромной мощи.

Ещё более страшна термоядерная бомба. И она, в отличие от станций, уже имеется в наличии.

История овладения атомной энергией — иллюстрация того, что кроме знаний нужно ещё иметь строгие законы общества, запрещающие использование знаний во вред людям.

## Без современной электроники — не жизнь

Многое в нашей жизни просто невозможно без современной электроники. Даже представить невозможно, что случится, если электроника откажет — начнётся настоящий хаос.

Ф.А. Кузнецов в подробностях рассказал школьникам об основных типах полупроводниковых приборов — р-п диод, р-п-р транзистор, п-канальный MOSFET транзистор. В основном на этих трёх типах строится огромное разнообразие современных электронных приборов. 60 последних лет кардинально изменили мир. Оказалось, что отдельные приборы можно группировать — строить интегральные схемы. Эта область развивается стремительно. Сегодня на одной интегральной схеме-чипе размещаются тысячи транзисторов, в процессоре для компьютера — миллиарды и миллиарды.

— Помню время, когда в нашем Институте неорганической химии стоял компьютер на вакуумных лампах, он занимал целый этаж. Сейчас маленький персональный компьютер может выполнять намного больше операций, чем тот великан. Переход от ламповой электроники к твердотельной — событие эпохальное. А базировалось оно на большом количестве материалов, на материаловедении, о котором и ведётся речь.

Мы переходим в информационное общество. В первую очередь это, конечно, компьютер. В него нужно ввести исходную информацию, и он произведёт необходимые операции и сформулирует решение. Сейчас информация во многих случаях вводится вручную. Но предполагается устройство системы датчиков, которые будут выполнять процедуру автоматически.

Решение, найденное компьютером, исполняет человек. Но и здесь можно построить систему приборов, которые возьмут эти функции на себя. Для создания устройств сбора информации и исполнения решений нужны разнообразные материалы. Неудивительно поэтому, что в программах развития многих стран поиск новых материалов — задача высшего приоритета.

Регулирование использования электроэнергии — также поле деятельности полупроводниковых приборов. Электроэнергия сама по себе — сложный продукт. Расходуется она чаще всего варварски, по большей части впустую. А если электроэнергию использовать интеллигентно, режим менять грамотно, расход можно существенно сократить, в некоторых случаях процентов на 90. В электросбережении тоже большая надежда на новые материалы. Сейчас много говорится о силовой электронике — электронике больших токов. Она основана на по-

лупроводниках. Фёдор Андреевич рассказывал о применении систем силовой электроники, продемонстрировал на впечатляющем слайде мировую сеть Интернет, а затем интересно и образно повел повествование о солнечной энергетике.

## Да здравствует Солнце!

Многие источники энергии, действующие ныне, не вечны. Довольно успешно идет активный поиск альтернативных вариантов. Солнце же сулит блага, не ограниченные во времени. Сейчас в мире солнечной энергии используется меньше одного процента. В числе лидеров — Германия, Испания, Италия, Чехия. Самая большая на сегодня солнечная станция действует, и довольно успешно, в одном из районов Испании.

Международное энергетическое агентство провело огромную работу по исследованию территорий, на которых можно разместить солнечные станции. Обозначило, в частности, «солнечный ресурс» шести крупнейших пустынь. Утилизация солнечной радиации, поступающей только на совершенно непригодные для жизни участки этих пустынь, позволяет получать энергию в колоссальных количествах, в десятки раз больших, чем нужно человеку.

Важно в каждом конкретном случае решить, как добывать энергию и как передавать её на большие расстояния. Поражает воображение слайд, на котором показана преобразованная пустыня. Огромное количество солнечных панелей, аккумуляторов, накапливающих энергию, устройства, передающие её в другие регионы Земли. А в самой пустыне — прекрасные поля, не знающие засухи. Ибо вода, глубоко залегающая, с помощью устройств, питаемых солнечной энергией, будет подаваться на плантации.

Пустыни имеются в разных частях света. Энергия нужна всем. Планируется создание глобальной сети передачи энергии по всему земному шару. Существует, например, проект EUMENA «Европа — Ближний Восток — Северная Африка», по которому солнечные станции в пустыне Сахара будут обеспечивать энергией три указанных региона.

Но чтобы осуществлять смелые проекты, нужны различные новые материалы. Электроэнергия передается в основном по металлическим проводам. Это дорого и вызывает большие потери электричества.

Известным японским специалистом проф. Коинума предложен проект использования сверхпроводящих линий передач. По ходу реализации проекта предстоит решить ряд проблем, но они вполне под силу учёным. Скептики говорят — фантастика. Нужно вспомнить, что в первой половине XX века и атомная энергия, и электроника сегодняшнего дня были ещё большей фантастикой!

## Король полупроводников — кремний

В осуществлении многих проектов решающая роль принадлежит кремнию. Его называют королем полупроводников, и он на сегодня наиболее изучен. Многие тайны устройства материи были открыты при изучении кремния, а способы управления состоянием вещества разработаны в процессе совершенствования этого материала. Первый импульс в «кремниевую эпоху» был связан с развитием информационной электроники. Нынешний повышенный интерес обусловлен программами солнечной энергетики.

В конструкции солнечных батарей на солнечных энергостанциях можно использовать разные материалы, но для получения большей энергии кремнию нет альтернативы: просто на Земле нет необходимого количества других элементов, из которых можно делать солнечные батареи.

— Сегодня в год для солнечных элементов требуется 44 тысячи тонн кремния. Общий объём производства в мире достиг 100 тысяч тонн. В будущем пойдёт речь о миллионах тонн только для нужд солнечной энергетики.

Естественно, ребят интересовало, откуда



берётся кремний, и каким образом будет обеспечиваться требуемое его количество.

Им объяснили, что для электроники кремний нужен особый, очень чистый. Исходный материал — кварц. Он смешивается с графитом. Получают металлургический кремний, который растворяют в хлористом водороде, из смеси выделяют одно нужное соединение — трихлорсилан, подают это вещество в специальный аппарат, где находятся нагретые до высокой температуры стержни. На них идёт осаждение кремния. Ещё ряд процедур — и вырастают нужные монокристаллы. Всё это называется хлоридный (си-менс) процесс.

Фёдор Андреевич посвятил слушателей во все тонкости процесса, все детали, от которых зависит, каким в результате будет король полупроводников — кремний.

— В стране есть заводы, где используются методики, разработанные в Институте неорганической химии и Институте физики полупроводников Сибирского отделения. Поскольку требования постоянно повышаются, задачи усложняются, идет планомерное совершенствование процесса.

Где производят полупроводниковый кремний в больших количествах? Один из заводов расположен около Красноярска, в городе Железногорске. Прежде в этом местечке делали современное оружие — на огромном предприятии, построенном внутри огромной скалы. Сейчас один из цехов расширяют, реконструируют под производство кристаллов монокристаллического кремния. Вся аппаратура разработана в России, в том числе с участием ИНХ и ИФП СО РАН. Большое производство создано около Иркутска, идет проектирование и строительство кремниевых производств ещё в ряде городов страны.

— Получение энергии — дело мировой важности, международное. Очевидно, что широкое развитие солнечной энергетики потребует значительных изменений в политическом устройстве мира. Солншкосу не делает разницы между нациями, языками и устройством государств. Сейчас во многих странах возникают новые программы развития солнечной энергетики. Так, успешно работает в этом направлении Индия. Сегодня этой стране требуется ежегодно 5 тысяч тонн кремния. Через несколько лет — 20 тысяч тонн. Многие институты СО РАН уже два десятилетия успешно сотрудничают с Индией. Сейчас обсуждается вопрос о создании совместной программы, в которой будут принимать участие исследовательские институты, учебные заведения и промышленные предприятия.

Завершая выступление, учёный напомнил о том, что в первую очередь надо знать, чтобы создавать новые материалы, какие науки привлекать. Материаловедение — область комплекса знаний, и достижения в каждой из наук способствуют его прогрессу.

2011 год объявлен ООН Международным годом химии. Фёдор Андреевич назвал имена великих химиков России и область интересов каждого. Вновь подчеркнув, что материаловедение — любопытнейшее из занятий, он рекомендовал школьникам в будущем заняться этой наукой и затем придти в один из химических институтов Сибирского отделения. Лучше всего — в Институт неорганической химии.

Судя по тем вопросам, что задавали ребята, академик Ф.А. Кузнецов пробудил интерес к материалам, меняющим ход развития цивилизации.

Л. Юдина, «НВС»  
Фото В. Новикова