

Момент истины солнечной энергетики

Опытный ветро-солнечный блок электростанция в Дуньхуане.



2011 год для солнечной энергетики был отмечен поистине драматическим событием: резким снижением цен на «солнечное» электричество, из-за которого, с одной стороны, рухнули бизнес-планы множества компаний, а с другой — появилась реальная возможность выхода технологий прямого (фотоэлектрического) преобразования солнечной энергии на финишную прямую — к масштабной энергетике. А значит, к серьезным, в том числе и политическим, изменениям в окружающем мире.

Именно об этих событиях и их возможных последствиях побеседовал главный редактор журнала Александр Самсонов с профессором Евгением Кацем из университета им. Бен-Гуриона в Негеве (Израиль). Формальным поводом к настоящему интервью стало возвращение проф. Каца из Китая, где он был с официальной делегацией ЮНИДО на открытии промышленной выставки «Новая энергия» в провинции Ганьсу и выступил с докладом на конференции с тем же названием.

— **Уважаемый профессор, расскажите, пожалуйста, о своих нынешних научных интересах.**

— Мои научные интересы можно разделить на две большие группы. К первой относится разработка новых видов фотоэлектрических материалов и дешевых органических солнечных элементов на основе проводящих полимеров и фуллеренов, углеродных нанотрубок или других углеродных наноматериалов. Эти наши исследования в последнее время сфокусированы на попытках увеличить срок службы таких солнечных

элементов. Вторая группа моих научных интересов включает измерения эффективности (КПД) солнечных фотоэлементов самых разных видов с использованием реального солнечного света. В этой группе самые интересные для меня исследования относятся к так называемой концентраторной фотовольтаике (Concentrated Photovoltaics, CPV). Здесь преобладают измерения при очень высокой концентрации солнечного света — до 10 000 солнц (1 солнце = 1000 Вт/м² — стандарт неконцентрированного солнечного излуче-



Евгений Кац работает на кафедре солнечной энергии и физики окружающей среды университета им. Бен-Гуриона в Негеве (Израиль). Более 30 лет он занимается исследованиями, на-

правленными на создание фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии. Начало его работы пришлось на 1980-е годы и продолжалось в до- и пост-перестроечной России. Сегодня наш собеседник — автор более 200 научных работ по широкому спектру физических и материаловедческих проблем солнечной энергетики и, в частности, фотоэлектрическим свойствам наноматериалов, а также ряда научно-популярных статей и книги, посвященных фуллереноподобным структурам в углеродных наноматериалах, живых организмах и архитектуре.

Читателям нашего журнала профессор Е. Кац известен как соавтор (вместе с проф. Л.Б. Пиотровским из НИИ экспериментальной медицины в Санкт-Петербурге) статьи: «Нанотехнология», «нанонаука» и «нанообъекты»: что значит «нано» («ЭиЖ», 2010, № 8, 9). Мы также публиковали рецензию Л.Б. Пиотровского на книгу Е. Каца «Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры: родословная форм и идей» («ЭиЖ», 2009, № 1).

ния). В пустыне Негев очень хорошее солнце, и я всегда вспоминаю и цитирую по этому поводу моего любимого Александра Вертинского. Вертинский в 1930-е годы проехался с концертами по еврейским поселениям Палестины (до образования государства Израиль оставалось еще более 10 лет). Принимали и слушали его прекрасно. Особенно его удивило, что люди в кибуцах любят его песни. На обратном пути он написал «Палестинское танго». Там были такие строки:

*И люди там застенчивы и мудры,
И небо там, как синее стекло.
И мне, уставшему от лжи и пудры,
Мне было с ними тихо и светло.*

Эту цитату я подсказал режиссеру РТР, снимавшему у нас фильм «Израиль. Место под солнцем». «Небо, как синее стекло» означает, что у нас практически нет рассеянного (диффузного) излучения, а доля прямого излучения Солнца очень большая, что важно для успешной концентрации солнечного света.

Под облачным небом (при пасмурной погоде) большая часть прямого солнечного света до земли не доходит. То же, что доходит, преломляют водяные капли, взвешенные в воздухе. Капель много, каждая имеет свою форму и, следовательно, рассеивает свет по-своему. Если облака имеют большие размеры, то часть света поглощается. Излучение при рассеянии не очень меняется по спектральному составу: капли в облаках крупнее длины волны, поэтому весь видимый спектр (от красного до фиолетового) рассеивается примерно одинаково. По интенсивности излучение меняется (оценочно) от 1/6 интенсивности прямого солнечного света для относительно тонких облаков до 1/1000 — для наиболее толстых гроздовых облаков.

— Так вот он в чем, секрет израильского неба!
В Иерусалиме всегда поражает цвет неба — глубокая синева над головой...

Живя в пустыне, я с чисто эстетической точки зрения скучаю по «многооблачному» и поэтому более разнообразному российскому небу. А наше «небо, как синее стекло» — это то, что нужно для концентраторной энергетики, ведь физика «запрещает» концентрировать диффузный свет. Надо сказать, что небо в Иерусалиме не такое насыщенное, как в пустыне. Все-таки это большой город, там много загрязнений, а в пустыне небо действительно «как синее стекло» большую часть года. И это как раз характеристика того, что спектр очень правильный, близок к стандартному спектру АМ 1,5, и отношение доли прямого излучения к диффузному излучению очень высокое.

— Каковы изменения в области солнечной энергетики в самое последнее время?

— Многие годы (а я работаю в этой области уже 30 лет) у нас была «голубая мечта» — предел стоимости солнечного электричества, при котором должен наступить паритет со стоимостью обычной электроэнергии. Это 1 долл. за 1 Вт пиковой электрической мощности. Попытаюсь объяснить, что это значит. Пиковая мощность не имеет отношения к каким-то погодным условиям. Элемент кладут под имитатор солнечного излучения со спектром АМ 1,5 и интенсивностью 1000 Вт/м² (1 солнце), и измеряют, какова максимальная (пиковая) мощность, вырабатываемая элементом. Это число показывает эффективность элемента (КПД) — параметр, характеризующий производительность солнечной батареи. Все исследования в мире были направлены на то, чтобы уменьшить эту цену, либо снизив стоимость фотоэлектрических материалов и технологических операций изготовления батарей, либо увеличив КПД батарей при их фиксированной стоимости.

Существует известная зависимость, называемая по-английски «learning curve», характеризующая зависимость цены любого продукта от масштабов его выпуска: когда выпуск растет, цена падает. Именно так в течение 40 лет происходило с фотоэлементами, причем последние 10 лет наблюдался особенно резкий рост рынка (объема выпуска солнечных батарей), и цена падала линейно в логарифмическом масштабе по мере роста выпуска. Все ждали наступления паритета со стоимостью обычной электроэнергии. Понятно, что многое здесь зависит от локальных параметров: где, сколько «солнца», и как дорого электричество в этом месте. Но исходя из некой усредненной оценки по существовавшей до последнего времени тенденции падения цен, это должно было произойти в 2015 г. в глобальном масштабе. И хотя 2015 г. уже очень близко, реальность превзошла эти ожидания.

Факторы, которые определили столь резкое изменение, разнообразны. Чтобы даже кратко объяснить основные из них, придется вернуться на несколько лет назад. К 2004 г. правительства многих стран и, прежде всего Германии, начали осуществлять масштабные программы поддержки солнечной энергетики. В частности, были введены льготные тарифы на электроэнергию, полученную из возобновляемых источников (в основном это энергия Солнца и ветра). Это привело к тому, что сегодня, например в Германии, только за счет солнечной энергетики (фотовольтаики) ежегодно получают в среднем 3% электроэнергии. А в солнечные дни — до 50%.

Вслед за Германией несколько других стран приняли законы о возобновляемой энергетике (фактически, это законы о льготных тарифах и других льготах). Все это стимулировало дополнительный рост выпуска фотоэлементов и использования солнечной энергии, но в то же время обусловило так называемый кремневый кризис (до настоящего времени подавляющая доля солнечных элементов изготавливается из кристаллического кремния).

— **Кремневый кризис — когда он начался и как развивался?**

— Пик кризиса наблюдался в 2007–2008 гг., но начался он в 2004-м. В то время для целей солнечной энергетики в основном использовали отходы от кремния, производимого для электроники. Так вот, потребности солнечной энергетики превзошли запасы отходов от электроники (в мировом масштабе). В этом суть кремниевого кризиса, обусловившего наряду с ростом спроса на солнечные батареи со стороны энергетики некоторый рост их цен.

— **Да, тогда цена на солнечные элементы пошла вверх.**



На одном снимке — израильское небо «как синее стекло» и два «противоположных» направления современной солнечной энергетики: за спиной у Евгения Каца самый большой в мире солнечный концентратор параболического типа, а в руках у него — гибкая полимерно-фуллереновая солнечная батарея.

— Совершенно верно, но уже тогда было понятно, что сразу же начнется строительство заводов по производству «солнечного» кремния. Это происходило повсеместно, по всему миру, в том числе и в Китае.

— **В России это было одним из обоснований проектов Роснано на начальном этапе...**

— Да, я думаю, что в России до сих пор производство солнечного кремния актуально.

Вернусь, однако, к Китаю. Мне не хочется перегружать нашу беседу цифрами, но какие-то цифры все же приведу. В 2008 г. Китай производил 8% фотоэлектрических модулей, а к концу 2010 г. на Китай приходилось уже 55% мирового выпуска солнечных батарей (сегодня эта доля еще выше). Плюс к тому Китай начинает покупать различные фотоэлектрические компании по всему миру..

— **Но ведь сначала немецкие компании сами пришли на Китайский рынок?**

— Это правда, но сегодня этих компаний там уже нет. Сегодня идет обратный процесс: большая часть

этих компаний принадлежит Китаю. Самый яркий пример: недавнее банкротство крупнейшего производителя солнечных элементов — немецкой компании «Q-Cells». В общем, правительство Китая вложило огромные деньги в производство солнечных батарей, а в это время начался мировой экономический кризис.

Когда начинается рецессия, экономический кризис всегда бьет по развивающимся отраслям. Большое число контрактов на строительство солнечных электростанций в Испании, Португалии, в штате Калифорния (США) были расторгнуты. Но это привело к обратной тенденции в ценообразовании: спрос несколько уменьшился — выпуск продолжал расти — цены стали падать. К тому же в конце 2011 г. произошло дополнительное падение цен из-за огромных субсидий правительства Китая этой области экономики. Китайские компании вышли на первый план с кремниевыми солнечными батареями, обеспечивающими цену пиковой электрической мощности на уровне 1 долл./Вт.

— А до этого эта цена колебалась на уровне 3 долл./Вт?

— Да, совсем недавно подобные цены доминировали на рынке. Главное, что хотелось бы донести до внимания читателей, — это то, что мы являемся свидетелями драматического обвала цен на солнечную электроэнергию. Это время больших надежд и ожиданий, но, с другой стороны, мне кажется, что нельзя недооценивать и серьезные опасности настоящего момента. Без преувеличения — это момент истины...

— Почему?

— Прежде чем объяснить этот тезис, попытаюсь вкратце обосновать необходимость скорейшего, как только возможно, развития солнечной энергетики. В этой связи следует упомянуть три фактора.

Первый — это рост мирового потребления энергии (я говорю только об электроэнергии, я не касаюсь проблемы топлива для автомобилей, самолетов — это отдельная и не менее драматическая проблема). Если несколько развитых стран (США, Германия) в последнее время уменьшают потребление энергии, то большинство стран мира все же увеличивают его. Этот процесс может быть достаточно хорошо аппроксимирован линейной зависимостью от времени. А вот Китай увеличивает потребление электроэнергии нелинейно. Там рост аппроксимируется функцией «время в четвертой степени»!

— Неужели в четвертой степени?!

— Да. Все последние годы эта тенденция существует. Сегодня почти каждый день в Китае запускается новый завод. В 2012 г. они увеличили потребление

электроэнергии на 431 ГВт·ч. Если сейчас ввести 260 ГВт солнечных станций, то они смогут выработать за год примерно 430 ГВт·ч энергии. Таким образом, чтобы компенсировать рост потребления за счет солнечной энергии (только компенсировать, а не превзойти!), необходимо срочно ввести в действие солнечные электростанции общей мощностью 260 ГВт, что потребует площадь около 9500 км². Но пока реалии таковы, что к 2015 г. общемировой выпуск фотоэлектричества должен достичь «всего» 130–150 ГВт.

— Для нашего разговора важно — что все-таки будет в следующем году?

Мировое потребление электроэнергии растет и будет продолжать расти в основном за счет Китая и Индии (Индия наращивает потребление энергии линейно по времени, но вслед за Китаем наиболее интенсивно).

Мы должны сделать из этой ситуации два вывода. Во-первых, очевидно, что ключи от будущего мира (в смысле его экологической безопасности) находятся в руках Китая и в чуть меньшей степени Индии. Во-вторых, и это наиболее важно, у человечества практически не осталось времени. Мы должны немедленно начать строить гигаваттные солнечные станции. Почему именно солнечные? У нас не так много возможностей, гидроэнергия уже практически вся задействована.

— Да, практически все гидроресурсы исчерпаны. Кстати, в Китае вводится в строй большое количество (сотни!) гидроэлектростанций.

— Причем, насколько мне известно, они строили их на маленьких речках. То есть такого экологического бедствия, которое в свое время нанесли советские огромные гидроэлектростанции (с созданием искусственных морей), они не нанесли.

— Там и очень большие станции были, и были страшные засухи за счет изменения водного режима, всё это не отрицается.

— Спасибо за это уточнение. Но факт в том, что в мировом масштабе в области традиционной энергетики уже дальше некуда двигаться. Значит, вариантов два: либо это ядерная энергетика, на критике которой, видимо, не стоит особенно останавливаться на страницах вашего журнала. Читатели, наверное, понимают, что риски и недостатки ядерной энергетики — не только в обеспечении безопасности. Главная нерешенная проблема — дезактивация или хотя бы безопасное (во временном масштабе нескольких поколений) захоронение радиоактивных отходов.

— Ядерная энергетика не так велика, как нам кажется. Это всего 16%. Ее 50 лет растили, но получилось

лишь 16% по всему миру. Где-то больше: в Европе 25%, в Японии было 50%, а теперь — ноль!

— Скорее всего, если не найдут много нефти, то просто вернутся к углю. И тогда наши дети и внуки должны будут найти другую планету для жизни. Тут мы постепенно подобрались ко второму фактору, определяющему необходимость развития солнечной энергетики: катастрофическое загрязнение атмосферы при сжигании углеводородного топлива традиционных электростанций.

И, наконец, третья опасность — глобальное потепление. По-моему мнению, и в научной среде, и в общественном мнении нет отрицания глобального потепления. Вопрос в том, является ли оно результатом действия человечества. Это очень сложная научная проблема, потому что речь идет о создании моделей, способных экстраполировать небольшие (в историческом масштабе) наборы экспериментальных данных измерения температуры на весь срок жизни нашей планеты. Ученые так устроены, что они постоянно во всем сомневаются, спорят друг с другом. Результатами этих дискуссий нередко манипулируют политики. Недавно мы наблюдали подобные манипуляции в направлении безапелляционного признания глобального потепления. Боюсь, что маятник сейчас качнется в другую сторону: наступает время политических манипуляций, объясняющих, что это было все ошибкой, никакого глобального потепления нет.

Даже если глобального потепления «нет и быть не может», затронутые нами ранее проблемы «компенсации» мирового роста потребления энергии и защиты окружающей среды от загрязнений требуют безотлагательного решения. У нас нет времени на раскачку. Это становится очевидным, если проанализировать, сколько вводится электростанций в одном только Китае. Тем более, что в принципе, в отношении солнечного фотоэлектричества большинство научных и технологических вопросов решено. Главные нерешенные вопросы связаны с запасом (хранением) электроэнергии. Внедрение возобновляемых источников энергии на уровне 10-20% от энергопотребления стран — это серьезный вызов «эксплуататорам» электросетей. Создание моделей эксплуатации сетей и разработка так называемых умных сетей выходит на первый план. Однако решение этой задачи невозможно без разработки стабильных, эффективных и дешевых батарей, способных запасать энергию на солнечных электростанциях гигаваттного уровня. Конечно, если бы была решена проблема комнатно-температурной сверхпроводимости, это был бы прорыв, но на практическом уровне основная работа будет сосредоточена сейчас на разработке батарей и умных сетей.

— Если вспомнить недавнюю историю с водородной энергетикой, то ее тоже «надували» рыночными методами. О ней говорили, что это 100-миллиардный рынок.

— Отличие водородной и, например, термоядерной энергетики от фотоэлектрической заключается в том, что и в водородной энергетике, и в термоядерной не решены серьезные технические проблемы. Что же касается фотоэлектричества, то здесь есть масса отработанных решений. Пример Китая очень нагляден: китайцы просто купили существующие технологии кремниевых фотоэлементов и стали строить заводы в больших количествах.

— Вы упомянули также о скрытых опасностях настоящего момента. В чем они заключаются?

— Дело в том, что никто пока не знает, насколько реальны цены на солнечное электричество, которые Китай сегодня диктует всему миру. Насколько велика роль искусственных правительственных инвестиций в формировании этих цен. Если это реальная цена, то она продержится какое-то время, а затем продолжит «падение» в соответствии с «learning curve» и в результате дальнейшего совершенствования фотоэлектрических технологий. Ничего страшного, если «весь мир» будет покупать у китайцев фотоэлектрические батареи и строить у себя солнечные станции. Мировая энергетика — часть мировой экономики, где весь мир уже давно пользуетесь всем китайским. Просто теперь у нас будут и китайские фотоэлементы. Ничего страшного.

Если же это просто стратегический ход правительства Китая, то вполне возможно, что случится откат назад, и он может продлиться годы. Такие трюки не раз делались в бизнесе (в том числе, и в «солнечном»), чтобы просто уничтожить конкурентов. Все последние годы фотоэлектрический бизнес финансировался частным банковским капиталом. При описываемом сценарии инвестиции будут существенно снижены на долгие годы. Процесс бегства капитала может сопровождаться мощнейшим идеологическим напором.

— Какие политические силы могут оказать такой «идеологический напор»? Кто может стоять за попыткой «качнуть маятник» в другую сторону, о чем вы упомянули?

— Очень хороший вопрос. Это проблема политическая, о которой стоит говорить или хотя бы начать такой разговор. Дело в том, что солнечная энергетика оказывается в центре борьбы за переустройство мира. Без энергетике нет ни экономики, ни политики, и сегодня миром управляют нефтяные корпорации. Они, конечно, так просто свою власть не отдадут. Поэтому, если будет какой-либо сбой в развитии солнечной энергетике, и цена на солнечные элементы пойдет

вверх, то этот сбой будет сопровождаться идеологическими рассказами о том, что 1) «нет никакого загрязнения атмосферы», 2) «нет никакого глобального потепления», 3) «нашли новые залежи нефти, надо ее жечь, для того чтобы поддержать глобальное развитие», и т. д. и т. п.

— **То есть вы говорите о новом варианте «зеленой революции», связанном с диверсификацией энергетики, и соответствующей контрреволюции?**

— С одной лишь поправкой, что лично я всегда предпочитаю эволюцию и побаиваюсь всяких революций.

Политический аспект обсуждаемого вопроса безусловно связан с тем, что есть силы, незаинтересованные в диверсификации производства энергии. Солнечная энергия по определению гораздо более демократична, чем углеводородная. И здесь, конечно, есть место технологическому монополизму. Грубо говоря, у кого есть технологии, тот все равно будет иметь превосходство. Но это будет более демократическое распределение, заставляющее страны вкладывать в технологии и развитие, а не только «сидеть на углеводородной трубе».

Тут есть еще один важный политический аспект. Страны, которые владеют сегодня основным запасом нефти на нашей планете, — это режимы, от которых исходит основная доля терроризма. И эти режимы будут выбиты из столь удобного им монополизма развитием солнечной энергетики. В то же время некоторые из этих стран интенсивно инвестируют в технологии, и это тоже хорошо, так как приведет к развитию и в конечном итоге — к политическим изменениям в этих странах.

Позволю себе пофантазировать о, видимо, совершенно невозможном проекте (и хочу этим подчеркнуть важность осознания необходимости, выбора и политической воли для решения этой проблемы). В свое время Соединенные Штаты осуществили «Манхэттенский проект». Этот проект был абсолютно фантастический: в короткие сроки была создана новая наука, новая индустрия, новое «всё». Если бы человечество, наконец, осознало необходимость создания возобновляемой энергетики, то на такой гипотетический международный проект нужно было бы потратить несравнимо меньше усилий, чем на «Манхэттенский проект». Конечно, сегодня никто из ученых добровольно не сядет в «шарашку», как это было во время Второй мировой войны в США. Тогда была очевидна опасность фашизма, и это заставило правительство вкладывать большие деньги, а ученых, многим из которых нацизм грозил физическим уничтожением, — работать день и ночь, тоже, грубо говоря, в «шарашке».

В такой стране, как Израиль, все еще всерьез обсуждают возможность строительства ядерной электростанции. На мой взгляд, это самоубийственно в ситуации терроризма и других опасностей и неожиданностей, которые всегда у нас существуют. Недавно весь мир наблюдал, какие ошибки были совершены в Японии, где все обычно работает безупречно, и насколько катастрофическими были последствия этих ошибок. Япония содействовала тому, что маятник устремлений к ядерной энергетике качнулся в сторону отказа от нее, но маятник продолжает качаться... Кажется, наступил момент, который может прервать ход этого маятника. Об этом надо думать и говорить, и страницы журнала «Экология и жизнь», его сайт — самая подходящая трибуна для таких дискуссий.

В России эта проблема еще не заняла подобающего места в общественном сознании. Россия — одна из немногих развитых стран, где не принят закон о возобновляемой энергетике. Попросту говоря, это почти никого не волнует. В сознании людей доминирует необходимость заработка, в «сознании» руководителей компаний и вообще руководителей самого разного уровня — получение прибыли любой ценой.

Язык, который, как известно, является самым чутким показателем процессов в общественном сознании, предлагает полезный для нашего разговора пример. В английском языке ни у кого не возникает вопроса о значении выражения «sustainable development» или «sustainable energy». На русский язык эти выражения переводятся как «устойчивое развитие» или «устойчивая энергетика». Сразу же возникает вопрос, что означает термин «устойчивый» в данном контексте? Действительно, не очевидно. Приходится объяснять, что это значит «не наносящий вреда следующим поколениям жителей Земли».

Я считаю, что ваш журнал просто обязан трубить об этих проблемах в полную силу. Ведь речь идет о судьбах человечества в глобальном смысле этого слова. Ведь достаточно выйти на улицы большинства больших городов планеты, как станут видны последствия загрязнений. В том числе в городах Китая. В Пекине, в Шанхае практически никогда солнца не видно, смог создают выхлопы автомобилей и черный дым из труб промышленных предприятий.

— **И вы полагаете, что в Китае осознали опасность этого пути?**

— Думаю, что да. И на уровне бытового сознания (об этом говорят экологические граффити, которые я видел в Пекине) и на уровне правительственных решений и программ. Они развернули производство не только солнечных батарей, но ветровых электростанций. Это ветряки последнего поколения, мощностью



Экологические граффити, Пекин, 2012.

до 5 МВт каждый. Я и раньше видел ветряки в Дании и Швеции. Но когда турбина где-то высоко, то трудно оценить, что это за машина. Вблизи же я впервые увидел, что это «космический корабль», поражающий своими размерами!

Главный недостаток солнечной энергии в ее малой плотности: на 1 м² «падает» не более 1 кВт. Недостатки же ветряков в том, что далеко не везде есть ветер, и еще их нельзя поставить рядом, их ставят на большом расстоянии друг от друга.

В провинции Ганьсу, расположенной на севере Китая, находится знаменитый коридор Хэси. Он тянется на 1000 км с востока на запад между двумя горными хребтами. Именно здесь начинался Великий шелковый путь и заканчивалась Великая китайская стена. Здесь практически идеальные условия для ветровой и солнечной энергетики.

На самом краю коридора Хэси, вблизи города Дуньхуан находится солнечная электростанция на кремниевых фотоэлементах. Она вводилась в строй поэтапно в течение последних нескольких лет. Сегодня ее мощность 150 МВт — вторая по величине в Китае. Крупнейшая фотоэлектростанция в Китае имеет мощность 200 МВт и уступает лишь солнечной фотоэлектростанции в Индии (Charanka Solar Park, 214 МВт). Такие же станции мощностью 100 МВт уже построены в США и на Украине (в Крыму).

Уже в следующем году станция в Дуньхуане должна быть преобразована из чисто фотоэлектрической в комбинированную — ветро-солнечную станцию. Идея строить такие комбинированные станции волне оправдана для подобных мест, фотоэлектрические модули заполняют пустые про-

странства между ветряками. К 2013 г. и фотоэлектрическая, и ветровая части станции должны вырабатывать по 1 ГВт пиковой мощности! А к 2015 и 2020 г. общая мощность только этой станции должна быть доведена до 4 и 9 ГВт, соответственно.

— Такие величины просто не укладываются в голове!

— Абсолютно согласен. Пока не укладываются.

К 2015 г. общемировой выпуск фотоэлектричества должен достигнуть 130–150 ГВт, но эти гигаватты должны

генерироваться на множестве мелких станций, на модулях, установленных на крышах домов и т. п. Однако, как мы видим, сегодня наступает эра строительства гигаваттных станций, которые действительно будут конкурировать и друг с другом, и с традиционной энергетикой.

— Вопрос о китайских ученых и инженерах. Вы считаете, что их интеллектуальный потенциал уже достаточен для разработки новых технологий в солнечной энергетике?

— Не надо забывать, что эта страна имеет мощнейший интеллектуальный потенциал за рубежом. Зайдите на любую кафедру физики, химии, материаловедения в любом из университетов Соединенных Штатов, и вы увидите там, что большинство студентов, аспирантов и научных сотрудников — китайцы. При благоприятной экономической ситуации в Китае все эти аспиранты и постдокторанты после нескольких лет работы в лучших лабораториях мира будут возвра-

Турбина ветрогенератора на заводе в городе Цзяюгуань, провинция Ганьсу.





Лопасть ветрогенератора.

щаться на Родину. Этот процесс уже идет достаточно интенсивно.

Важно и то, что американцев на этих кафедрах и в лабораториях вы практически не увидите. Мне кажется, это серьезная проблема для западного общества. В России тоже никто не хочет морочить себе голову и шесть лет решать уравнение Шрёдингера или заниматься химией. Все хотят изучать менеджмент, логистику, финансы или на худой конец право, и сразу после университета (или вместо обучения в нем) начать зарабатывать большие деньги.

— **Завершая нашу беседу, вернемся к науке. Что происходит сейчас непосредственно в науке о фотоэлектричестве? Все открытия здесь уже сделаны, осталась только технология?**

— Ни в коем случае! В июне я был на очередной (уже 38-й по счету) конференции IEEE PVSC. Это крупнейшая американская конференция по фотоэлектричеству. Там была озвучена цель, которую американское министерство энергетики ставит перед разработчиками тонкопленочных солнечных элементов. Чтобы выжить и победить стандартные кремниевые модули, тонкопленочные технологии должны удовлетворять двум параметрам: КПД 20% и стоимость 50 центов/Вт. Вот тогда это будет конкурировать с кремнием.

— **Невероятные параметры...**

— Сегодня это звучит невероятно, но это реальное техническое задание. Это то, подо что дают деньги. И это будет сделано.

Сегодня мировой рекорд КПД солнечного элемента — 43,5% при освещении в 500 солнц. Такие фантастические характеристики имеют сегодня так называемые трехпереходные концентраторные элементы.

И речь идет о том, что концентраторная энергетика переходит к более высоким концентрациям света — 1000 солнц и более (прямо по Янгу — «ярче тысячи солнц»).

Недавно побит мировой рекорд на одном солнце и для однопереходных элементов. Тонкопленочные элементы из GaAs, изготовленные калифорнийской компанией «Alta Devices» показали КПД 28,8%, очень близкий к теоретическому пределу эффективности элементов из GaAs. Органические солнечные элементы тоже бьют рекорды и превысили предел в 10%. За этими рекордами

стоят высокая наука и не менее высокая технология.

— **И совсем напоследок, что вы думаете про искусственный фотосинтез.**

— Когда я начал заниматься органическими солнечными элементами, все вокруг говорили, что это некий аналог фотосинтеза. Я стал этим интересоваться. С одной стороны, общий КПД фотосинтеза очень низок, с другой стороны, КПД первого его этапа — разделения зарядов (а это именно то, что мы хотим реализовать в фотоэлементе!) — 100%. Есть чему поучиться у природы.

Вспоминается шутка: на конференции по органическим солнечным элементам несколько лекторов один за другим повторили: «Мы должны учиться у фотосинтеза», на что голландский химик-органик Ян-Кейс Хьюмилен (Jan C. Hummelen) ответил: «Да нет, надо просто попросить наших коллег из геной инженерии, чтобы они вывели растение с розеткой».

Успехи в этом направлении пока гораздо скромнее, чем у фотоэлектричества. Приведу пример с получением водорода. Благороднейшая задача — разделение воды с получением водорода и кислорода. Оно может производиться двумя способами. Первый способ прост — надо взять солнечную батарею с КПД 20–30% (сегодня это уже реальность) и стандартный электролизер. Над разработкой второго способа трудится большое количество лабораторий по всему миру. Это прямой процесс фотоэлектрохимического разделения в одном и том же приборе. КПД такого процесса пока ниже 1%. Но все равно этими исследованиями ученые будут заниматься. Изучение и попытка воспроизведения фотосинтеза — одно из наиболее интересных направлений в фундаментальной науке.