

# ДОЛГАЯ ДОРОГА К СОЛНЦУ

Ольга Ашпина, к. т. н.

Говорят, что полное количество солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли за неделю, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и урана. Солнечная энергетика на территории России — понятие пока совершенно абстрактное, что связано как с протяженностью территории, так и сезонными колебаниями, в результате которых уровень солнечного излучения в различных регионах оставляет желать лучшего. Наиболее значительным считается потенциал солнечной энергии на

юго-западе России (Северном Кавказе, районах Черного и Каспийского морей), в Южной Сибири и на Дальнем Востоке.

По некоторым оценкам, теоретический потенциал солнечной энергии в России — более 2000 млрд т условного топлива.

Станут ли применяться солнечные батареи в России — большой вопрос, однако экспортный потенциал данного сектора факт несомненный. Первые шаги на пути развития солнечной энергетики как направления российского производства сделаны компанией «Нитол». Не-

давно был широко заявлен проект «Реновы» по выпуску солнечных пленок. В обоих проектах участвует госкорпорация «Роснано». Несколько проектов, задержавшихся на различных стадиях проектирования, были описаны в № 9/2008 «Химического журнала».

Какие шаги могут быть предприняты государством, чтобы и в нашей стране возник рынок солнечной энергии, — этому вопросу был посвящен форум, организованный SEMI совместно с «Роснано» и группой «Нитол», который прошел в Москве 1 июня 2009 года.

Рис. 1. Показатели спроса в солнечной энергетике за период с 2000 по 2011 год

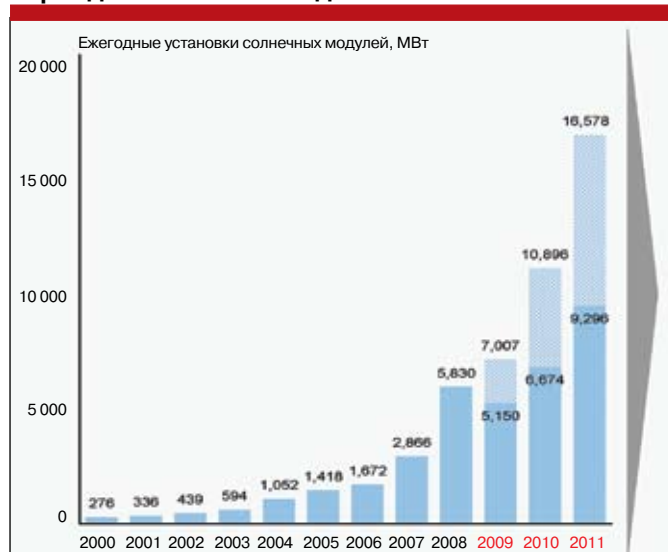
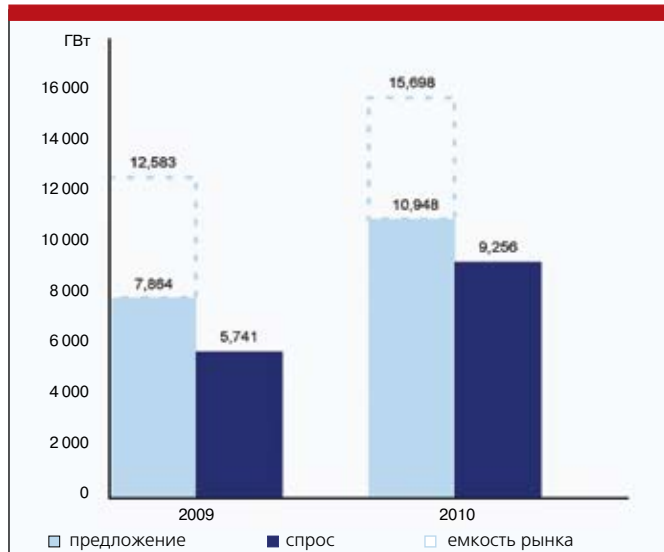


Рис. 2. Соотношение показателей спроса и предложения в 2009–2010 годах



## Фотовольтаика и экономический кризис

Состояние промышленности фотовольтаики с точки зрения макроэкономических перспектив осветил **Марк Шмид (CFA Energy — Global Banking, City Group)**. В своем выступлении спикер заметил, что промышленность солнечной энергетики демонстрировала значительный рост (2008 год — 103 %), но с 2009 года в связи с мировым экономическим кризисом темпы роста значительно замедлились. В текущем году аналитики ожидают даже отрицательную динамику (рис. 1).

Отрасль столкнулась с объективными трудностями: ухудшение финансирования, снижение спроса и т. п. К тому же инвесторы, опасаясь рисков, значительно снизили инвестиции в развитие солнечной энергетики. Однако в дальнейшем ситуация улучшится, так как правительства многих стран, которые сделали ставку на развитие альтернативной энергетики, намерены принять ряд мер, которые неизбежно приведут к улучшению ситуации. Г-н Шмид отметил также, что изменение баланса предложение/спрос привело к снижению цен на солнечные модули.

Согласно исследованиям City Group, налицо все признаки того, что мировая финансовая система постепенно проходит фазы спада, и к 2010 году придет к полному восстановлению. Переломным моментом г-н Шмид считает март 2009 года. Конечно, вложение средств в данный сектор экономики — трудное решение, и для его принятия необходима консолидация игроков рынка. Существенную роль в данном случае могут сыграть меры по стимуляции рынка, принимаемыми правительствами. Так, Китай приступил к субсидированию строительства установок фотовольтаики.

## Стратегия «Роснано»

Не секрет, что Россия не относится к числу лидеров мирового рынка солнечной энергетики, но его развитие важно для РФ. Среди доводов «за»: поставка электричества жителям отдаленных областей, снижение зависимости от невозобновляемых источников энергии, рост занятости населения, новые рабочие места, развитие других подотраслей (производство технических газов), появление новых экспортных товаров. Однако есть и «против»: в России пока низкие тарифы на электроэнергию, получаемую с помощью традиционных источников, что не может служить стимулом для производства дорогих солнечных модулей, и невысокая инсоляция (количество получаемого солнечного излучения).

По мнению управляющего директора «Роснано» **Сергея Поликарпова**, солнечная энергетика в России нуждается в специальной поддержке. К слову сказать,

Рис. 3. Солнечная стратегия «Роснано»



российское правительство в январе текущего года выпустило постановление о доведении доли нетрадиционных источников энергии в общем объеме до 4,5 % к 2020 году.

Со стороны «Роснано» поддержка отрасли заключается в инвестировании в различные солнечные технологии: производство моно- и поликремния, тонких пленок (a-Si, -Si, CdTe, CIGS), концентраторов (CPV). Но госкорпорация намерена поддерживать проекты, которые реально могут завершиться строительством нового производства.

Общей стратегией «Роснано» является поддержка и инвестирование исключительно в конкурентоспособных игроков и конкурентоспособные продукты, в проекты, которые могут стимулировать развитие смежных отраслей промышленности.

Прогнозируемый рост рынка солнечной энергетики с господдержкой и без нее может существенно отличаться (см. рис. 3). «Роснано» будет поддерживать проекты по использованию всех технологий солнечной энергетики. Сравнительный анализ показывает, что средние затраты на получение одного ватта при использовании моно- и поликремния составляли в 2008 году 5,5 долларов, а к 2020 году они снизятся до 3,3 долларов, в то время как затраты на производство энергии с помощью тонких пленок — самые низкие на сегодня — 5 долларов за ватт, к 2020 году они снизятся до 1,9 долларов. Что касается технологии HCPV, то, несмотря на то, что в прошлом году она была самой затратной — 9,7 долларов за ватт, в 2020 году такая технология будет иметь самые низкие затраты — 1 доллар за ватт электроэнергии.

Сегодня «Роснано» инвестирует в основном в производство кремния и трихлорсилана — сырья для получения поликремния, однако долгосрочной стратегией государственной корпорации предусмотрен рост вложений в производство модулей, солнечных инсталляций и большие сервисные заводы, операторов

энергетического рынка, сфокусированных на секторе возобновляемой энергетики.

## Господдержка

**Дмитрий Котенко**, председатель совета директоров группы «Нитол», в своем выступлении заметил, что опыт развития солнечной энергетики других стран показывает, что эта отрасль не развивается без поддержки государства, особенно на начальном этапе. Наиболее эффективными мерами стали инвестиционные субсидии, льготные энерготарифы, налоговые льготы и, конечно, правительственные программы по обязательному использованию возобновляемых источников энергии.

В 2008 году инвестиции в отрасль составили 12,5 млрд долларов, что на 11 % больше, чем в 2007 году, а мировой товарооборот в солнечной энергетике достиг 37,1 млрд долларов. В 2007 году только в Германии в солнечной энергетике было занято 42 тыс. человек, что превысило занятость в атомной промышленности. По прогнозам, реализация проектов по солнечной энергетике к 2030 году обеспечит 10 млн рабочих мест во всех регионах мира, а ежегодная глобальная эмиссия CO<sub>2</sub> снизится на более чем 1,6 млрд т, что равносильно закрытию 450 тепловых электростанций (мощностью 750 МВт).

Страны ЕС планируют к 2020 году 20 % всего объема энергии получать за счет возобновляемых источников. Россия пока не представлена на мировом рынке солнечной энергетики (см. диаграммы 1 и 2), однако все предпосылки к развитию рынка потребления солнечной энергии у нас имеются. Чтобы жители страны и регионы устанавливали у себя солнечные модули, также необходима поддержка на государственном уровне.

В качестве положительного примера спикер привел опыт Восточной Германии по созданию «солнечной долины», где после падения Берлинской стены сохранились квалифицированные спе-

Диаграмма 1. Крупнейшие мировые потребители ПК, 2008 год



Диаграмма 2. Крупнейшие мировые производители ПК, 2008 год



циалисты в области химии. Сегодня там сосредоточено более 50 % компаний, занимающихся солнечной энергетикой.

Что касается компании «Нитол», то государство-частное партнерство, финансовая поддержка «Роснано» (7,5 млрд рублей) позволяют ей развивать и продвигать проекты по солнечной энергетике. Ставка по кредиту составляет 13 %, на 5 лет предусмотрены налоговые льготы. Компания заключила соглашения с ведущими федеральными университетами страны по обучению кадров для группы «Нитол», создаются новые учебные программы, в рамках специальной федеральной программы по научному и техническому развитию России в 2007–2012 годах налажено сотрудничество с Федеральным агентством по науке и инновациям. Компания «Нитол» широко сотрудничает с ведущими российскими научно-исследовательскими и проектными институтами («Гипросинтез»), ведет работу с региональными властями по разработке системы налоговых льгот. Солнечная энергетика удачно вписывается во все социальные и экологические программы, что вселяет надежду на становление и развитие данного рынка в РФ.

### Бизнес-модель от «Реновы»

На подходах к построению бизнес-модели в солнечной энергетике остановился **Ярослав Кузнецов**, генеральный директор «Ренова оргсинтез». Он подчеркнул, что, несмотря на ожидаемое снижение спроса на солнечные модули, к 2012 году эксперты прогнозируют возобновление спроса. В долгосрочной перспективе даже ожидается нехватка мощностей по производству солнечных модулей. При этом наиболее существенный рост потребления (более 10 %) ожидается в Африке и Азии.

Как известно, компания «Ренова» делает ставку на тонкопленочные технологии. Преимущества таких технологий — в отсутствии нескольких переделов по сравнению с традиционной технологией и низкая себестоимость модуля. Однако солнечные модули, произведенные по традиционной технологии, имеют КПД в 1,5–2 раза выше, чем «тонопленочные» модули, предлагаемые «Реновой». Пойдет ли Европа по «более дешевому» или «более эффективному» пути, покажет рынок.

Пока на рынке солнечной энергетике ПМК остается базовой технологией, но в дальнейшем наибольший рост будут демонстрировать технологии, только выходящие на рынок — CIGS, CdTe, CPV. Цена на модули сегодня падает быстрее, чем на системы (установленные модули), поэтому ключевым фактором конкуренции становится возможность собственной инсталляции.

В 2006–2008 годах «Ренова» приобрела контрольный пакет акций швейцарской высокотехнологичной компании **OC Oerlikon AG**. Oerlikon — крупнейшая в мире компания по производству оборудования для получения солнечных модулей на базе технологии «тонких пленок» («аморфный» и «микроморфный» кремний). Особенности технологии Oerlikon — использование уникальной конструкции tandemных солнечных элементов с нанесением нанопокровов из аморфного и микроморфного кремния.

Вторым солнечным активом «Реновы» является новочебоксарский «Химпром». На промышленной площадке в Новочебоксарске имеются все необходимые сырьевые ресурсы: хлор, водород, а также отработанный и промышленно отмасштабированная технология производства трихлорсилана — основного сырья для ПМК. «Ренова Оргсинтез» усиленно работает над развитием промышленной площадки в Новочебоксарске. Совместно с

государственной корпорацией «Роснано» в Новочебоксарске в 3 квартале текущего года начнется строительство завода тонкопленочных фотоэлементов на основе микроморфного кремния по технологии швейцарской компании Oerlikon Solar. Завершить строительство планируется в 4 квартале 2011 года. Инвестиции немалые — до 20 млрд рублей. Второй проект — строительство завода поликристаллического кремния. Три месяца назад на «Химпроме» получен трихлорсилан необходимого качества, его поставили на Железнодорожный горно-химический комбинат, где из полупродукта выращивают поликремний.

«Ренове» принадлежит и **ООО «КХМЗ-Астра»** — производитель монокристаллического кремния и кремниевых пластин, применяемых в фотовольтаике. Предприятие расположено в поселке Орловка Кыргызской Республики и было создано на базе недействующего цеха полупроводникового производства **ОАО «Кыргызский химико-металлургический завод»** в 2004 году. Основная продукция, выпускаемая предприятием, кремний монокристаллический круглый, диаметром 150, 165 мм; кремний монокристаллический квадратированный 125\*125 мм; пластины из монокристаллического кремния толщиной 180–200 мкм.

Стратегия сбыта солнечной продукции «Реновой» полностью ориентирована на зарубежный рынок. Как заметил Я. Кузнецов, в Италии, Греции и Испании имеется оптимальное сочетание высокой инсоляции и субсидированных тарифов на солнечную энергию. Компания имеет активы в секторе кристаллических ФЭП, модулей, инсталляций. Крупный оператор европейского рынка — **Avelar Energy** (Италия), специализирующийся на рынках традиционной и возобновляемой энергии, подконтролен ГК «Ренова». Avelar занимается трейдингом

полуфабрикатов (ПКК, слитков и пластин), в том числе в рамках давальческих схем для вовлечения продуктов передела в собственные производственные циклы (ФЭПы, модули), производит солнечные модули в северной и южной Европе, а также приобретает и управляет активами в области возобновляемой энергии. Компания Avelag активно приобретает земли для размещения внешних инсталляторов и солнечных электростанций.

Таким образом, «Ренова» рассчитывает, что синергия всех солнечных активов позволит создать полностью интегрированную цепочку — от производства ТХС до установки солнечных систем.

## Практика проектирования

Технология синтеза трихлорсилана гидрохлорированием кремния в реакторе «кипящего» слоя совместными усилиями институтов «ГНИИХТЭОС» и «Гиредмет» доведена до современного технического уровня. Но для того, чтобы преимущества отечественной технологии способствовали повышению технико-экономических показателей производства, необходимо было внедрить совершенно новые подходы и методы проектирования. О современной практике проектирования производств ТХС и ПКК рассказал Федор Соколов, генеральный директор проектного института «Гипросинтез», в активе которого проекты производств ТХС и ПКК, выполненные для российских и зарубежных компаний. За последние 5 лет институтом успешно выполнено 4 проекта, среди которых как новые производства ТХС и ППК, так и проекты реконструкции.

Как известно, основы будущего производства, его технико-экономические показатели, надежность, промышленная и экологическая безопасность закладываются на этапе проектирования. Современная технология проектирования предполагает:

- моделирование технологических процессов, исследование поведения схемы при изменениях технологических

параметров и выбор оптимальных решений;

- разработку математических моделей и расчет показателей надежности и безопасности объекта, доведение их значений до требуемого уровня;
- высокое качество проектирования при минимальных временных и финансовых затратах заказчика, создание в процессе проектирования интеллектуальной трехмерной модели объекта, позволяющей поддерживать весь жизненный цикл будущего производства;
- использование CALS-технологии, обеспечивающей единые способы управления процессами, интеграцию и взаимодействие всех участников этого цикла: заказчиков, проектировщиков, поставщиков и производителей оборудования.

Моделирование процессов выполняется с учетом принципов технической безопасности, что значительно повышает надежность и безопасность проектируемых производств. В России разработана система стандартов «Надежность в технике» (ГОСТы серии 27.), которая представляет собой совокупность взаимосвязанных основополагающих межгосударственных стандартов, устанавливающих общие для всех видов технических объектов положения, принципы, правила и методы управления их надежностью. Однако требования таких стандартов для промышленных объектов носят рекомендательный характер. Для того чтобы заказчик и экспертные органы получили полные данные по безопасности и готовности к достижению заданных технико-экономических показателей строящегося объекта, проектному институту нужно провести оценку риска, сделать необходимые расчеты показателей надежности и довести их значения до заданных. Поэтому «Гипросинтез» предлагает заказчикам уже на стадии проектирования закладывать в ТЗ требования по надежности.

На этапе проектирования создание трехмерной модели обеспечивает высокую точность и качество проектирования, единую кодировку оборудования,

возможность выполнения территориально распределенных проектов, и, как следствие, — сокращение сроков разработки проектной документации. Кроме этого, интеллектуальная трехмерная модель дает возможность выполнить любые чертежи по желанию заказчика, обеспечивает разработку планов заказа, поставки оборудования, строительства, пусконаладочных работ, обслуживания, реконструкции или модернизации, а также контроль их выполнения. Современные порталные решения позволяют заказчику по сети Интернет осуществлять удаленный контроль выполнения работ на всех этапах жизненного цикла объекта в режиме реального времени с выдачей замечаний и рекомендаций.

Интеллектуальная трехмерная модель дает возможность заказать оборудование уже на этапе проектирования, разработать план строительства и осуществлять контроль его выполнения, а также вести мониторинг закупок и поставок, заблаговременно проводить подготовку и обучение персонала. На этапе эксплуатации использование такой модели позволит автоматизировать процесс разработки планов технического обслуживания и замены, заблаговременно подготовить и обучить персонал, разработать и провести мониторинг планов ликвидации аварий, иметь быстрый доступ ко всей информации об объекте или установке.

При необходимости замены оборудования для продления срока службы объекта или модернизации производства имеется необходимая информация для разработки планов реконструкции или модернизации в кратчайшие сроки и с минимальными затратами. Интеллектуальная трехмерная модель позволяет также разработать оптимальную технологию ликвидации производства.

Среди преимуществ современной технологии проектирования спикер отметил возможность автоматического обнаружения недостатков в проектировании уже на стадии процесса моделирования, что позволяет оперативно внести изменения в модель на этапе строительства. Сегодня предприятия заинтересованы в максимальной экономии и минимальных рисках, поэтому высокая степень верификации технологии проектирования позволяет предотвратить траты заказчика по устранению неточностей, погрешностей и откровенных ошибок, которые случаются в проектной документации устаревшего формата 2D.

Другим немаловажным преимуществом современной технологии 3D-проектирования является применение CALS-технологий, определяющих общие принципы электронного обмена данными, форматы и модели, технологии представления, способы доступа и использования данных. При этом обеспечивается стандартизированная структура проектной, технологической и эксплуатацион-

**Таблица 1. Сравнительная характеристика технологий солнечной энергетики**

ПОКАЗАТЕЛИ	Классические технологии на базе ПКК	Тонкопленочные технологии
Эффективность модуля, %	15–17	7–10
Себестоимость модуля	3,1 долл./Вт	1–1,3 долл./Вт
Мощность	150 Вт/м <sup>2</sup>	120 Вт/м <sup>2</sup>
Сравнительные капитальные затраты	2,25–2,3 долл./Вт	1,3–1,5 долл./Вт

Рис. 4. От моделирования процесса — к трехмерной модели



ной документации, языки ее представления, что позволяет интегрировать весь объем электронной информации о создаваемом объекте независимо от страны и информационных технологий, применяемых заказчиками.

Применение CALS-технологий предоставляет возможность проектировщикам разных стран, разделенным во времени и пространстве и использующим разные информационные системы и программные средства, успешно работать над общим проектом. Одна и та же проектная и технологическая документация может быть адаптирована к разным производственным условиям в разных странах, что позволяет существенно сократить и удешевить общий цикл проектирования строительства. Существенно облегчается решение проблем ремонтнопригодности, интеграции продукции, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации.

## Промышленная кооперация

Генеральный директор ФГУП «Горнохимический комбинат» Петр Гаврилов остановился на создании кластера солнечной энергетики в Красноярском крае и кооперации производителей продукции на основе ПКК.

Спикер подчеркнул, что установка по производству поликремния на «Горнохимическом комбинате» в Железнодорожке начала свою работу в 2008 году. Дальнейшее развитие производства полупроводникового ПКК на данной промышленной площадке планируется осуществить при участии стратегических инвесторов двумя этапами за 2,5 года: до 2 тыс. т — за 1,5 года, и далее до 4 тыс. т/год при условии решения организационных и финансовых вопросов. Такие мощности обеспечат расчетную себестоимость ПКК не более 25–30 долл./кг. Для этого необходимо ввести в эксплуатацию передел ректификации, дооснастить имеющиеся объекты основным оборудованием (водородное восстановление, конденсация

хлорсиланов, регенерация водорода), построить производство ТХС (в том числе, из оборотного HCl), подготовить проектную документацию. Администрация Красноярского края готова взять на себя строительство инфраструктуры.

Производство ПКК послужит основой для реализации в крае масштабного инвестиционного проекта, который получил название «солнечного кластера» — полный цикл по производству кремния и продукции из него (микросхем и фотоэлементов). Решение о проекте было принято еще в начале 90-х, однако реальные работы начались только в новом веке. К тому же из-за проблем с финансированием всерьез рассматривался вопрос о замораживании проекта. Консервации удалось избежать благодаря жесткой позиции «Росатома». Следующий этап развития новой для региона отрасли начался после того, как завод посетил председатель правительства Владимир Путин.

В производство ПК в регионе планируется инвестировать около 15 млрд рублей на принципах партнерства частного бизнеса и государства, которое будут представлять «Росатом», «Роснано» и Внешэкономбанк. Далее на базе достижений РАН, предприятий госкорпорации «Росатом» (ОАО «Гиредмет», ФГУП «ГХК», НПО «Луч»), а также ОАО «Подольский химико-металлургический завод», ОАО «Красцветмет», «Нитол», ООО «Солнечный ветер», ООО ГК «Конти» проработать возможность создания вертикально-интегрированного комплекса РФ по производству полупроводниковых материалов, приборов и систем.

Организация функционирования такого комплекса — задача не из легких. Независимая вертикальная интеграция имеет ряд недостатков: каждое предприятие заинтересовано исключительно в результатах своей деятельности, менеджмент производственных звеньев осуществляется независимо от остальных участников технологической вертикали. Здесь-то и нужен процессный подход к управлению таким комплексом, когда функции

дирекции передаются в управляющую компанию, созданную кредитующими организациями. Это и есть кластер.

## Производители модулей

Марат Закс, генеральный директор ОАО «Солнечный ветер», рассказал о совместном проекте с ГК «Конти», занимающейся строительством и реконструкцией объектов в Москве, Московской и Калининградской областях, а также в Тамбове, Туле и Адыгее по созданию в Краснодаре комплексного производства оборудования для преобразования солнечной энергии в электрическую.

В Краснодаре будут построены научно-технический центр с опытным производством солнечных элементов и модулей мощностью 30 МВт/год, а также серийный завод по производству солнечных элементов и солнечных модулей мощностью 120 МВт в год. Начало строительства намечено на 2008–2009 годы, а окончание — на 2012 год. М. Закс рассчитывает с помощью этих мощностей добиться производства солнечных батарей на сумму 5 млн евро в год. Сумма вложенных в строительство комплекса должна составить примерно треть от этой величины. Уже решен вопрос с участками, на которых разместятся производства на Кубани. В общей сложности они займут территорию в 5 га в самом Краснодаре.

«Солнечный ветер» производит широкий спектр солнечных модулей от 6 до 240 Вт. Руководство компании считает, что в каждом переделе нужны инновации, в том числе и в производстве солнечных элементов и модулей. Сегодня «Солнечный ветер» — единственная в мире компания, которая производит двухсторонние солнечные элементы и модули, имеющие большой срок службы и позволяющие экономить материалы. Такие солнечные батареи можно применять и для снижения гололедных нагрузок на линиях электропередач. Качество многих продуктов соответствует мировому уровню, а некоторых даже превышает его.

## Вместо заключения

Завершила форум открытая дискуссия, в ходе которой участники сошлись во мнении, что главным стимулом для развития российского рынка солнечной энергетики станет изменение законодательной базы для потребителей. Какая из существующих моделей — европейская, базирующаяся на тарифах на солнечную энергию, или американская, в основе которой лежат налоговые льготы на приобретение модулей и инсталляций, приживется в России, покажет время. Пока же в РФ слишком дешевая энергия, что естественно тормозит развитие солнечной энергетики, и основным направлением сбыта произведенной продукции станет внешний мир. ■