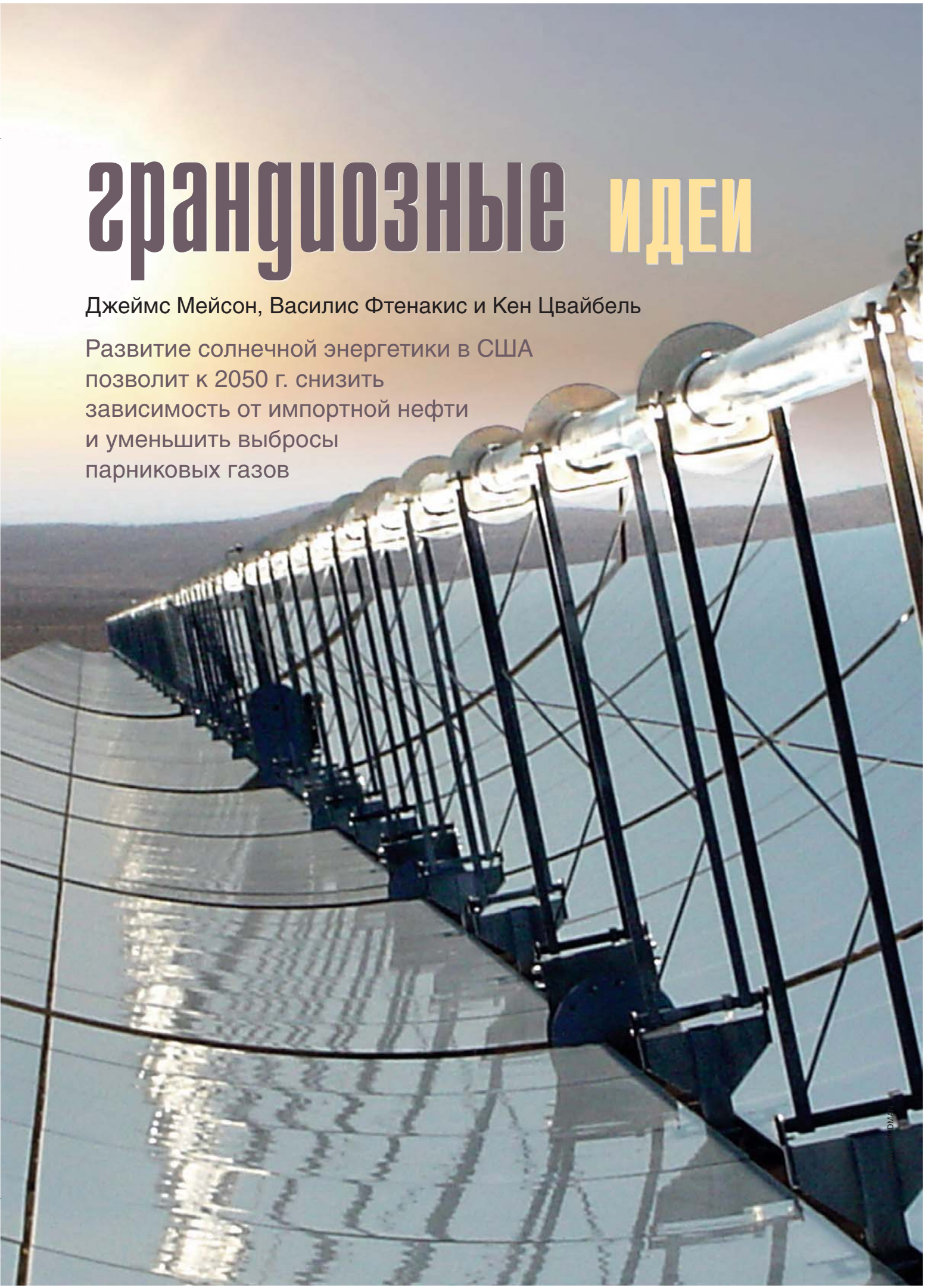
грандиозные идеи

Джеймс Мейсон, Василис Фтенакис и Кен Цвайбель

Развитие солнечной энергетики в США позволит к 2050 г. снизить зависимость от импортной нефти и уменьшить выбросы парниковых газов



Цены на бензин и топливо неуклонно растут. Учитывая сложившуюся ситуацию, в том числе и для защиты своих нефтяных интересов, США продолжают вести военные действия на Ближнем Востоке. Увеличивающийся спрос на ископаемое топливо в Китае, Индии и других странах повышает вероятность конфликтов за обладание энергоресурсами. В то же время электростанции, работающие на угле, мазуте и природном газе, а также автомобили ежегодно выбрасывают в атмосферу миллионы тонн загрязняющих веществ и парниковых газов, создавая угрозу для нашей планеты.

Ученые, инженеры, экономисты и политики, руководствуясь лучшими побуждениями, предлагают различные меры, позволяющие снизить потребление ископаемого топлива и сократить выбросы парниковых газов. Но этих мер недостаточно. Проведенный анализ показал, что оптимальным решением стал бы широкомасштабный переход на использование гелиоресурсов.

Энергия солнечного света, поступающего на Землю в течение 40 минут, эквивалентна глобальному потреблению энергии в течение года. США в этом отношении повезло — страна обладает колоссальными ресурсами солнечной энергии. По меньшей мере 625 тыс. км^2 территории, на юго-западе пригодны для строительства солнечных электростанций, и эти земли получают более 4,748 млн тераджоулей (ТДж) солнечной радиации в год. Преобразование всего 2,5% этой радиации в электроэнергию эквивалентно всему потреблению энергии страной за весь 2006 г.

Для реализации этих проектов надо освоить огромные участки земли и построить там фотоэлектрические и термоэлектрические станции. Необходимо также возвести магистральную линию передачи постоянного тока, чтобы передавать электроэнергию по всей стране.

В этой статье мы представляем программу, в результате осуществления которой к 2050 г. 69% электроэнергии и 35% всей энергии в США (в том числе для транспорта) будет обеспечиваться за счет солнечной энергии. Согласно прогнозу, ее можно продавать потребителям по ценам, эквивалентным сегодняшним ценам на энергию из обычных источников, т.е. примерно по 5 центов за киловатт/час (кВт/ч). Если будут освоены также энергия ветра, биомассы и геотермальные источники, то к 2100 г. возобновляемые источники энергии смогут обеспечивать 100% электроэнергии страны и 90% всей энергии.

Для реализации программы развития солнечной энергетики до 2050 г. федеральное правительство должно инвестировать в нее в ближайшие 40 лет более $400 млрд. Деньги немалые, но отдача будет больше. Солнечные электростанции почти не потребляют топлива, что позволяет из года в год экономить миллиарды долларов. Новая инфраструктура заменит 300 крупных электростанций, работающих на угле, и еще 300 на природном газе. Благодаря этой программе фактически полностью отпадет необходимость в импортной нефти, что значительно сократит дефицит торгового баланса США и ослабит напряженность на Ближнем Востоке и в других районах мира. Поскольку использование солнечных технологий почти не загрязняет окружающую среду, выбросы парниковых газов от электростанций сократятся на 1,7 млрд тонн в год. Еще на 1,9 млрд тонн уменьшатся выбросы от двигателей автомобилей, работающих на бензине, за счет их замены гибридными моделями, подзаряжающимися от солнечной энергосистемы. В 2050 г. объем выбросов углекислого газа в США будет на 62% ниже уровня 2005 г., что окажет позитивное воздействие на климат.

Солнечные электростанции

В последние несколько лет стоимость фотоэлектрических батарей значительно снизилась, что создало возможность их широкомасштабного использования. Существуют различные виды фотоэлектрических преобразователей, самые дешевые из них — тонкие пленки из теллурида кадмия. Для того чтобы к 2020 г. предложить потребителям электроэнергию по 6 центов за 1 кВт/ч, модули из теллурида кадмия должны преобразовывать до 14% солнечной энергии в электрическую, и цена модуля, вырабатывающего 1 ватт мощности, не должна превышать $1,20. Существующие модули имеют показатель 10%, а цена составляет $4 за ватт. Технологии быстро развиваются, и за последние 12 месяцев КПД солнечных батарей вырос на 1%. В ближайшие годы солнечные батареи, установленные на крышах зданий, будут более конкурентоспособными, чем прежде.

Согласно программе, солнечные батареи, размещенные на площади 75 тыс. км^2, будут генерировать около 3 тыс. гигаватт (ГВт). Несмотря на то что эта площадь может показаться колоссальной, судя по уже имеющимся сооружениям, для производства каждого гВт/ч солнечной энергии ▶

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Переход от электростанций, работающих на угле, нефти, природном газе и атомной энергии, на солнечные источники энергии позволит получать к 2050 г. 69% электроэнергии и 35% всей энергии, потребляемой в США.
- На юго-западе страны предполагается построить фотоэлектрические станции на больших площадях. Избыточная энергия, полученная в дневное время, будет храниться в виде энергии сжатого воздуха в подземных кавернах для использования в ночные часы.
- Будут также построены крупные термоэлектрические станции.
- Новая магистральная линия передач постоянного тока обеспечит передачу электроэнергии по всей стране.
- В период с 2011 по 2050 г. потребуются субсидии в размере $420 млрд для финансирования строительства инфраструктуры и обеспечения ее ценовой конкурентоспособности.

на юго-западе США требуется меньше территории, чем для электростанции, работающей на угле (учитывая площади карьеров для добычи угля). Исследования, проведенные Национальной лабораторией возобновляемых источников энергии в Голдене, штат Колорадо, показывают, что на юго-западе США достаточно земель, которые можно использовать для этих целей. Джек Лавель (Jack Lavelle), представитель Водоохранного управления штата Аризона, заявил, что 80% земель в его штате не являются частной собственностью, и местные власти заинтересованы в развитии солнечной энергетики, поскольку экологически чистые солнечные электростанции (они, в частности, не потребляют воду) не будут наносить ущерб окружающей среде.

Следовательно, главный вопрос — повышение эффективности фотоэлектрических батарей до 14%. Несмотря на то что коммерческие образцы никогда не сравняются по показателям с лабораторными, созданными в Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии и преобразующими в электричество 16,5% солнечной энергии, такое повышение вполне возможно. По меньшей мере один производитель солнечной энергии (компания *First Solar* в Перрисберге, штат Огайо) увеличил КПД модулей в период 2005—2007 гг. с 6% до 10%, планируя к 2010 г. повышение до 11,5%.

Каверны для воздуха

Существенным недостатком солнечной энергетики является зависимость от светового потока и отсутствие генерации в ночное время. Поэтому в солнечные часы должны производиться излишки энергии, которые могут аккумулироваться для использования в темное время суток. Большинство систем хранения энергии, таких, например, как аккумуляторы, являются дорогостоящими или неэффективными.

Альтернативное решение — хранение в виде энергии сжатого воздуха. С помощью электроэнергии, полученной на солнечных электростанциях, воздух сжимается и зака-

ПРОГРАММА США НА 2050 Г.

Солнечная энергия обеспечит…

69% электроэнергии | **35%** всей тепловой энергии

К 2050 г. в США не электростанции, работающие на ископаемом топливе, а гелиостанции будут снабжать энергией потребителей, и они же обеспечат энергией широкомасштабный переход на гибридные автомобили. Избыточная энергия будет храниться в виде энергии сжатого воздуха в подземных кавернах. Новая высоковольтная магистральная линия электропередач постоянного тока позволит передавать энергию на региональные рынки по всей стране. Используемые технологии и факторы, имеющие важнейшее значение для их успешного применения, показаны справа, там также указано, в какой степени они должны быть развернуты к 2050 г. Реализация этой программы позволит значительно сократить потребление ископаемого топлива и выбросы парниковых газов (*внизу*). Авторы проекта исходили из того, что ежегодное увеличение спроса на энергию в США в целом будет составлять 1% и к 2020 г. появятся новые технологии.

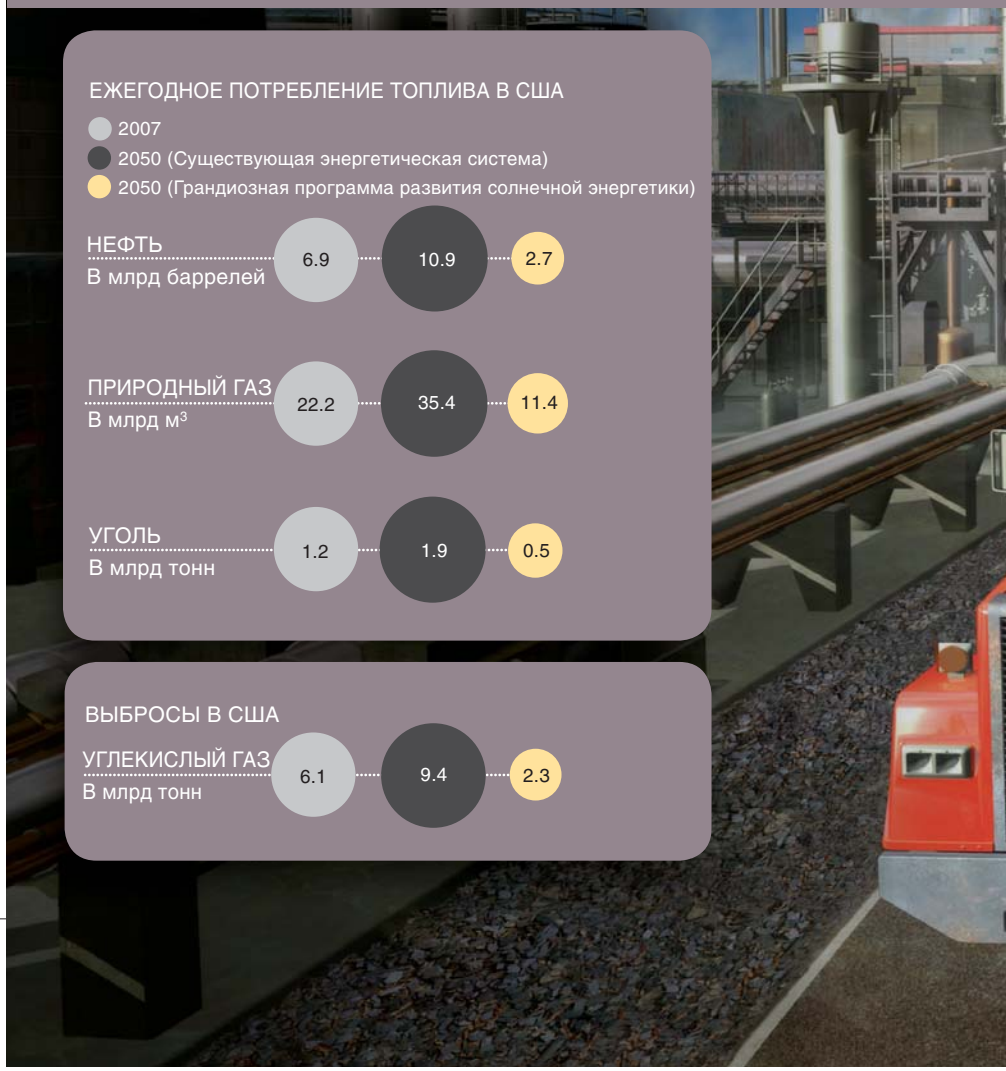
ТЕХНОЛОГИЯ

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

ХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ВИДЕ ЭНЕРГИИ СЖАТОГО ВОЗДУХА (с электроэнергией на солнечных батареях)

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ по линиям постоянного тока



JEN CHRISTIANSEN (graph); KENN BROWN AND CHRIS WREN Mondolithic Studios (illustration)

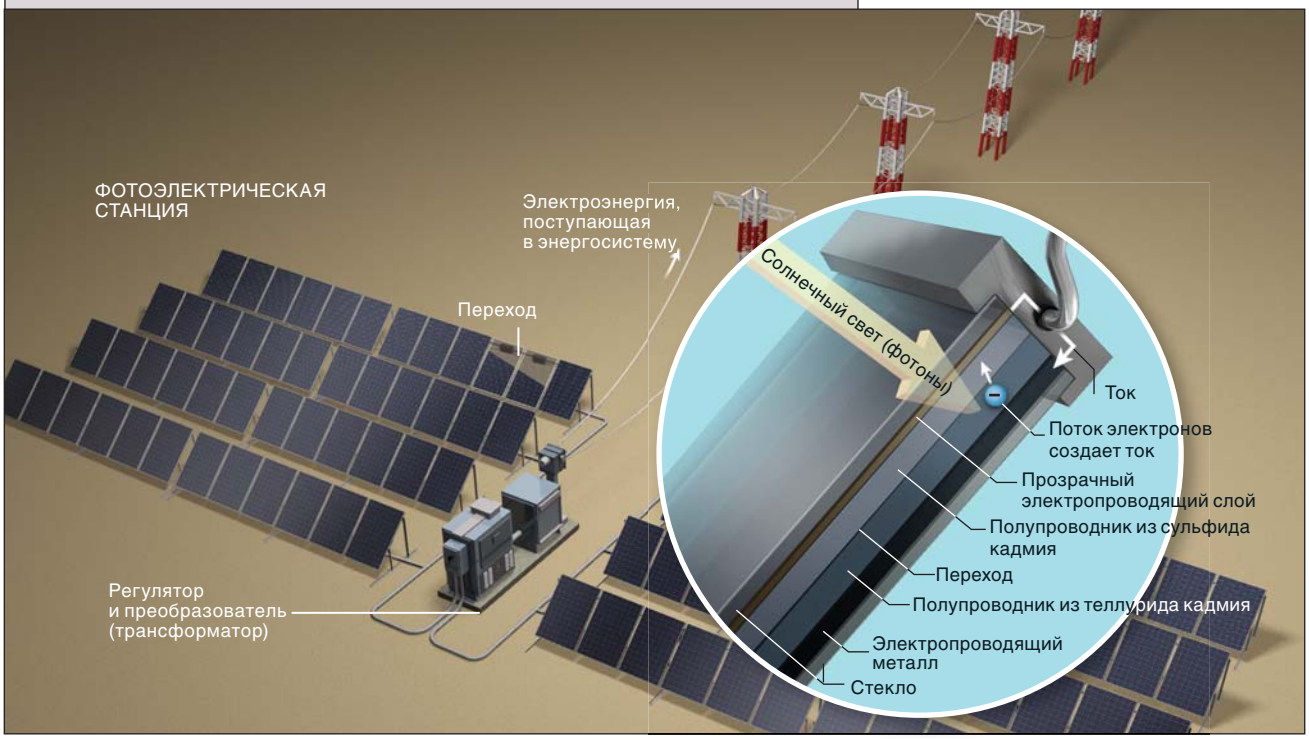
	ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР	2007	2050	НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ
Я	Площадь	25 км^2	75 тыс. км^2	Политика, предусматривающая освоение больших площадей земель, принадлежащих государству
	Эффективность модулей на тонкой пленке	10%	14%	Использование более новых оптических материалов
	Установленная цена	$4 за ватт	$1,2 за ватт	Высокая степень легирования для увеличения напряжения; увеличение размера модулей для рационального использования площадей
	Цена электроэнергии	16 центов за кВт/ч	5 центов за кВт/ч	Сокращение издержек приведет к снижению цены
	Общая мощность	0,5 ГВт	2940 ГВт	Национальная энергетическая программа, основанная на использовании солнечной энергии
	Объем	0	14,98 млрд м^3	Координация работы с представителями газовой отрасли
	Установленная цена	$ 5,80 за ватт	$ 3,90 за ватт	Экономия, обусловленная ростом масштаба производства; снижение цен на электроэнергию, полученную с помощью солнечных батарей
	Цена электроэнергии	20 центов за кВт/ч	9 центов за кВт/ч	Следует из снижения установленных цен
	Общая мощность	0,1 ГВт	558 ГВт	Национальная энергетическая программа
Я	Площадь	25 км^2	40 тыс км^2	Политика освоения больших площадей государственных земель
	Эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую	13%	17%	Теплоносители с высокими характеристиками
	Установленная цена	$5,3 за ватт	$3,7 за ватт	Тепловые системы с одним резервуаром; экономия, обусловленная ростом масштаба производства
	Цена электроэнергии	18 центов за кВт/ч	9 центов за кВт/ч	Следует из снижения установленной цены
	Общая мощность	0,5 ГВт	558 ГВт	Национальная энергетическая программа
	Протяженность	800 км	160 тыс. — 800 тыс. км	Высоковольтная энергосистема постоянного тока, передающая энергию с юго-запада в остальные районы страны

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

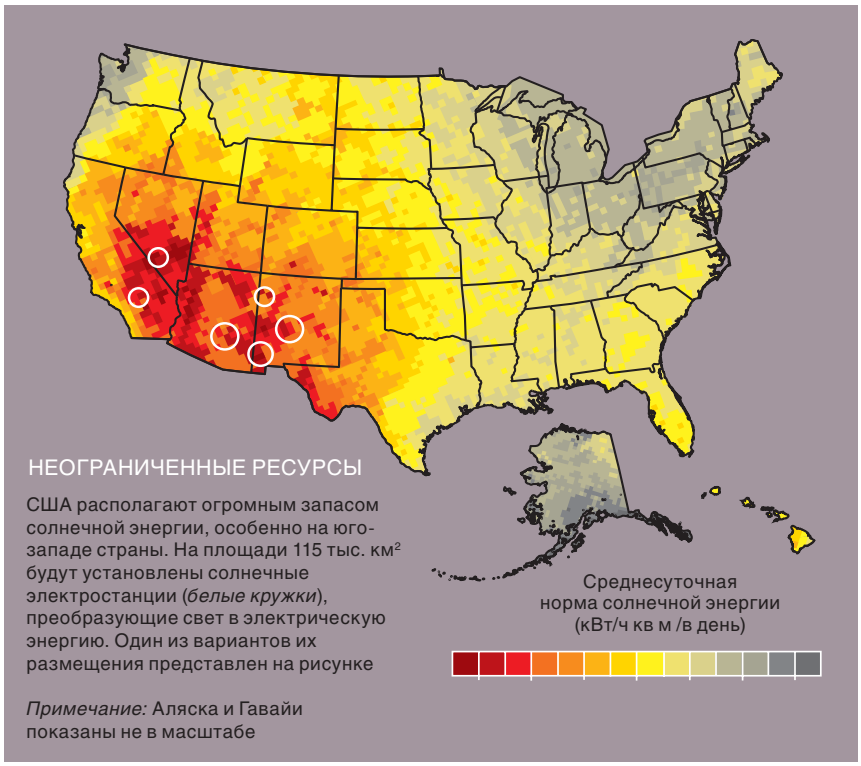
В соответствии с программой, рассчитанной до 2050 г., колоссальные солнечные электростанции расположатся на 75 тыс. км^2 пустующих земель на юго-западе страны. Они будут напоминать принадлежащую компании *Tucson Electric Power* электростанцию в Спрингвилле, штат Аризона, мощностью 4,6 МВт, которая начала работать в 2000 г. (*слева*). Тысячи фотоэлектрических элементов, соединенных между собой, будут объединены в модули, которые образуют батареи (*внизу*). Постоянный ток от батареи поступает на трансформатор (преобразователь), и далее в высоковольтные линии энергосистемы. Фотоэлектрический элемент состоит из двух полупроводниковых пластин с избытком электронов на одной из них. Фотон света, проходя через эти пластины, возбуждает свободный электрон, и он переходит на другую пластину, тем самым создается электрический ток

чивается в пустыекарстовые полости, заброшенные шахты, водоносные горизонты или истощившиеся газовые пласты. Сжатый воздух по мере необходимости используется на тепловых электростанциях, что позволяет существенно сократить расход топлива на турбине. Установки аккумулирования энергии сжатого воздуха надежно функционируют с 1978 г. в Ханторфе, Германия, и с 1991 г. в Мак-Интоше, штат Алабама. В таком цикле сгорания топлива турбина потребляет природного газа на 40% меньше, а за счет использования более совершенной технологии регенерации тепла его расход можно уменьшить еще на 10%.

Исследования, проведенные Институтом изучения электроэнергии в Пало-Алто, штат Калифорния, показали, что затраты на хранение энергии в виде энергии сжатого воздуха сегодня в два раза меньше, чем при использовании аккумуляторных свинцовых батарей. Ученые доказали, что такие системы хранения могут добавить 3—4 цента за кВт/ч к затратам на производство солнечной энергии, в результате чего ее общая стоимость в 2020 г. составит 8—9 центов за кВт/ч.



Электроэнергия с солнечных электростанций на юго-западе США будет направляться по высоковольтным линиям постоянного тока на объекты хранения сжатого воздуха по всей стране, и турбины будут производить электроэнергию круглый год. Самое главное — найти соответствующие участки. Карты, составленные отраслью по добыче природного газа и Институтом изучения электроэнергии, показывают, что подходящие геологические формации существуют на 75% территории США. Система хранения энергии сжатого воздуха будет похожа на ту, что используется для природного газа, уже существующую в стране. Сегодня в 400 подземных резервуарах находится 224 млрд м^3 газа. К 2050 г. может потребоваться 980 млн м^3 сжатого воздуха, находящегося под давлением в 70 атм. Создание таких подземных хранилищ — непростая задача, но для газовой промышленности было бы целесообразно инвестировать средства в такую программу.



Расплавленная соль

Существует и другая технология преобразования солнечной энергии в электрическую. Термоэлектрические батареи состоят из металлических зеркал, которые фокусируют солнечный свет на теплоприемнике и нагревают теплоноситель, поступающий в парогенератор, в результате получается пар, вращающий турбину.

В ночное время станция работает за счет энергии, накопленной солевыми аккумуляторами. Принцип их работы прост. Часть энергии, полученной в дневное время, идет на подогрев емкости с солью. В ночное время парообразование идет за счет выделения этой энергии, и тем самым обеспечивается круглосуточная работа станции.

В США в течение ряда лет вырабатывают энергию девять термоэлектрических станций общей мощностью 354 МВт. Новая электростанция мощностью 64 МВт была введена в эксплуатацию в штате Невада в марте 2007 г. Однако там не были предусмотрены системы для сохранения энергии. Первая коммерче-ская установка, имеющая аккумулятор тепловой энергии, мощностью 50 МВт строится сейчас в Испании, другие только проектируются. Для круглосуточной генерации электроэнергии солевые аккумуляторы должны сохранять тепло в течение 16 часов.

Солнечные термоэлектрические станции просты и надежны, однако стоимость получаемой энергии пока высока. Решить эту проблему помогут расширяющееся производство и новые технологические решения. В докладе за 2006 г. Целевая группа по солнечной энергии Ассоциации губернаторов западных штатов пришла к выводу, что за счет термоэлектрических станций к 2015 г. можно будет снабжать потребителей электроэнергией менее чем по 10 центов за кВт/ч, если будут построены электростанции мощностью 4 гигаватта (гВт). Повышение температуры жидкостей в теплообменнике будет также способствовать приросту эффективности таких электростанций. Кроме того, инженеры изучают вопрос, как использовать в качестве теплоносителя саму расплавленную соль, так как это сократит потери тепла и капитальные затраты. Однако соль вызывает коррозию металла, поэтому материалы для труб должны быть устойчивыми к коррозии.

ОБ АВТОРАХ

Джеймс Мейсон (James Mason), **Василис Фтенакис** (Vasilis Fthenakis) и **Кен Цвайбель** (Ken Zweibel) уже 10 лет проводят совместные исследования. Мейсон — директор Кампании за солнечную энергию и Института исследования водорода в Фармингдейле, штат Нью-Йорк. Фтенакис — руководитель Центра фотоэлектрических экологических исследований при Брукхейвенской национальной лаборатории и профессор и директор Центра анализа цикла долговечности при Колумбийском университете. Цвайбель — президент компании *PrimeStar Solar* в Голдене, штат Колорадо; в течение 15 лет он был управляющим Партнерства тонкопленочных солнечных батарей Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии.

ВАЖНЕЙШИЕ ПУНКТЫ

- Субсидии до конца 2050 г. в объеме $420 млрд
- Необходимо политическое решение, чтобы изыскать средства на эти субсидии, возможно, установив налог на углерод
- Новая высоковольтная система передачи электроэнергии на основе постоянного тока, построенная за счет средств частных компаний

Фото- и термоэлектрическое преобразование солнечной энергии — различные технологии. Ни одна из них не разработана в полной мере, поэтому программа предусматривает широкомасштабное развитие обеих к 2020 г.

Постоянный ток

География солнечной энергетики, безусловно, отличается от существующей в настоящее время схемы поставок электроэнергии. Сегодня электростанции, работающие на угле, мазуте, природном газе и атомной энергии, буквально заполняют собой все пространство вокруг объектов, которым необходима электроэнергия. Большую часть гелиостанций планируется построить на юго-западе страны. Существующая система линий электропередач переменного тока недостаточно мощна для транспортировки энергии из этих центров потребителям, находящимся в разных районах. Чтобы решить проблему, необходимо создать новую магистральную высоковольтную систему постоянного тока для передачи энергии (*HVDC*).

Исследования, проведенные Национальной лабораторией в Оук-Ридже, показывают, что магистральные *HVDC*-линии, которые будут передавать энергию с юго-запада страны в соседние штаты, теряют гораздо меньше энергии, чем линии переменного тока на таких же расстояниях. В крайней точке линии *HVDC* будет размещаться трансформатор, понижающий напряжение и преобразующий постоянный ток в переменный.

Существующие системы переменного тока уже сегодня не справляются с нагрузками, что приводит к недостатку электроэнергии в Калифорнии и других районах. Магистральные линии постоянного тока дешевле, и они нуждаются в меньших площадях, чем аналогичные линии переменного тока. Сегодня в США функционируют линии *HVDC* протяженностью около 800 км, и они доказали свою надежность и эффективность. Юго-западное объединение энергетики штата Техас проектирует интегрированную систему передач постоянного и переменного тока, что позволит передавать 10 гВт энергии от ветряных генераторов в западной части штата. Компания *TransCanada, Inc.* предлагает построить линии *HVDC* протяженностью 3 520 км для транспортировки энергии, вырабатываемой ветряными установками из штатов Монтана и Вайоминг на юг — до Лас-Вегаса (штат Нью-Мексико) и далее.

Первый этап: до 2020 года

Специалисты прогнозируют, что программа по созданию солнечной энергетики будет реализовываться в два этапа. На первом, рассчитанном до 2020 г., солнечная энергия должна стать конкурентоспособной на рынке. На этой стадии правительству необходимо предоставить гарантированные займы на 30-летний срок и выделить субсидии в размере $420 млрд до 2020 г. Именно к этому сроку, по прогнозам ученых, солнечная энергетика станет конкуренто-способной.

К 2020 г. планируется построить фото- и термоэлектрические станции мощностью на 84 ГВт. Параллельно будет создана система передачи энергии на постоянном токе до крупных потребителей в Финиксе (Аризона), Лас-Вегасе (Нью-Мексико), Лос-Анжелесе и Сан-Диего (Калифорния) на западе страны и до Сан-Антонио, Далласа, Хьюстона, Нового Орлеана (Луизиана), Бирмингема (Алабама),

Тампы (Флорида) и Атланты (Джорджия) на юго-востоке).

Ежегодное строительство фото- и термоэлектрических станций мощностью 1,5 ГВт в течение первых пяти лет стимулирует развитие отрасли. В следующие пять лет ежегодно будут сдаваться в эксплуатацию электростанции мощностью до 5 гВт, что позволит оптимизировать производство. В результате цена солнечной электроэнергии снизится до 6 центов за кВт/ч. Это реальные сроки реализации программы, поскольку в США ежегодно с 1972 по 1987 гг. строились атомные электростанции мощностью более 5 ГВт. Более того, солнечные системы могут быть установлены гораздо быстрее, чем обычные, благодаря простой конструкции и отсутствию проблем, связанных с экологией и безопасностью.

Второй этап: с 2020 по 2050 год

Создавая модель на период до 2050 года, специалисты в своих расчетах исходили из того, что спрос на энергию в стране будет увеличиваться на 1% в год. Согласно данному сценарию, к 2050 году солнечные электростанции будут поставлять 69% электроэнергии, потребляемой в США, и 35% всей тепловой энергии. Этого количества будет достаточно, чтобы полностью обеспечить электроэнергией 344 млн гибридных автомобилей, которые заменят машины, работающие на бензине. Все это сыграет ключевую роль в снижении зависимости США от импортной нефти и уменьшении выбросов парниковых газов. В стране появится примерно 3 млн дополнительных рабочих мест (особенно в производстве компонентов для солнечных электростанций).

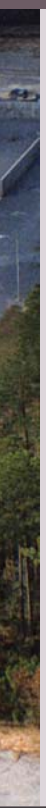
Колоссальное сокращение импорта нефти будет способствовать уменьшению платежей по торговому балансу на $300 млрд в год, если считать, что цена на баррель сырой нефти составит $60 (в 2007 г. средняя цена была выше). Кроме того, инвестиции в солнечную энергетику укрепят национальную энергетическую безопасность и решат проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды и глобальным потеплением.

Как это ни парадоксально, осуществление грандиозной программы развития солнечной энергетики уменьшит потребление энергии. Даже если спрос будет ежегод- ▸

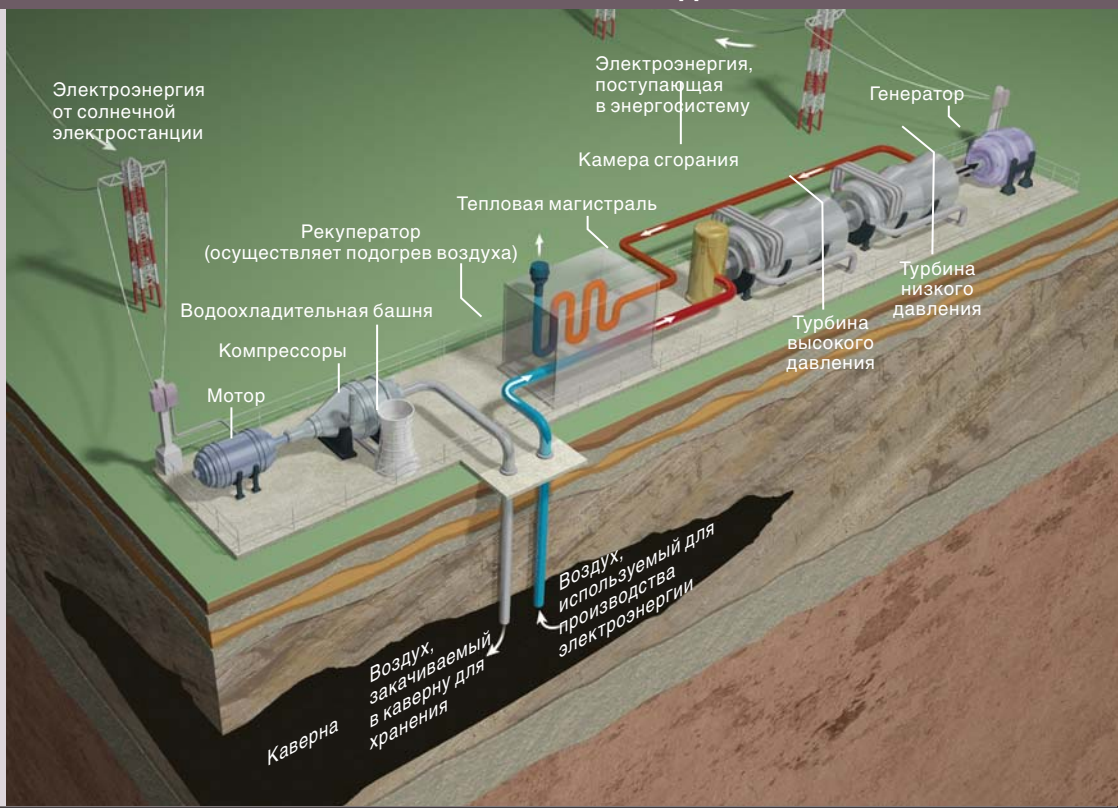
ПОЗИТИВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- Импорт нефти сократится с 60% до нуля
- Сокращение военных расходов и риска международных конфликтов
- Значительно сократится огромный дефицит торгового баланса
- Уменьшатся выбросы парниковых газов
- Увеличится число рабочих мест в стране

ПОДЗЕМНОЕ ХРАНЕНИЕ



Избыточная энергия, полученная в дневное время, аккумулируется в виде энергии сжатого воздуха. На иллюстрации представлены электромоторы и компрессоры, закачивающие воздух в подземные каверны, заброшенные шахты и водоносные горизонты (*справа*). Сжатый воздух, смешанный с природным газом, поступает в камеру сгорания, и продукты горения приводят во вращение турбину и генератор. Данная технология реализована на электростанции компании *PowerSouth Energy Cooperative* в Макинтоше, штат Алабама (*слева*), построенной в 1991 г. (по белой трубе воздух закачивается в хранилища)



но увеличиваться на 1%, к 2050 г. ее потребление снизится до 98 млн ТДж по сравнению со 105,5 млн ТДж в 2006 г. Это необычное изменение произойдет благодаря тому, что большое количество энергии расходуется на добычу, обработку и сжигание ископаемого топлива, а также на борьбу с вредными выбросами.

Чтобы осуществился на практике прогноз на 2050 г., потребуется 115 тыс. км^2 земли для размещения гелиостанций. Это большая площадь, но она составляет лишь 19% подходящих для этого земель в юго-западных районах США, большую часть которых занимают пустоши. Предполагается, что в 2050 г. до 10% электрической энергии будут генерировать солнечные батареи, расположенные на крышах домов и офисных зданий. Однако по мере того как будут снижаться цены на оборудование, такое производство солнечной энергии, возможно, будет играть более значительную роль.

2050 год и далее

Несмотря на то что делать прогнозы на несколько десятилетий вперед — дело неблагодарное, чтобы продемонстрировать весь потенциал солнечной энергии, специалисты все же разработали сценарий развития до 2100 г. К тому времени прогнозируется общий спрос на энергию (включая транспорт) в размере 147,7 млн ТДж, причем возможные мощности производства электроэнергии будут в 7 раз больше, чем сегодня.

Придерживаясь самых умеренных оценок, можно рассчитать, какая мощность солнечных электростанций потребуется при исторически наихудших условиях солнечной радиации для юго-запада страны. За основу приняты метеоданные на период 1982—1983 гг., а также в 1992 и 1993 гг. после извержения вулкана Пинатубо. В расчет не принимается тот факт, что после 2020 г. может повыситься эффективность солнечных установок, снизятся расходы и будет усовершенствована система хранения солнечной энергии.

На основе этих данных потребность в энергии может быть удовлетворена в США за счет следующих мощностей: фотоэлектрические станции выработают 2,9 ТВт энергии, которые поступят непосредственно в энергосистему, и еще 7,5 ТВт пойдут на зарядку пневмоаккумуляторов; 2,3 ТВт генерируют термоэлектрические станции, и 1,3 ТВт дадут распределенные солнечные установки. В дополнение к этому в энергосистему поступят 1 ТВт мощности, от ветряных установок, 0,2 ТВт — геотермальных электростанций и 0,25 ТВт за счет использования биотоплива. Еще 0,5 ТВт будет получено от тепловых насосов для прямого нагревания или охлаждения зданий. Под строительство гелиостанций планируется отвести 312 500 км^2 территории на юго-западе США.

В 2100 г. эти возобновляемые источники энергии, возможно, будут обеспечивать потребности США в 100% электроэнергии и более 90% всей тепловой энергии. Весной и летом гелиостанции будут производить достаточно водорода для удовлетворения более 90% всего спроса на горючее для транспорта. Оставшиеся 10% топлива для автомобилей будут обеспечены за счет 177,6 млрд л биотоплива. Связанные с использованием энергоресурсов выбросы углекислого газа будут на 92% ниже уровня 2005 г.

Кто будет платить?

Предложенная модель не является экономической программой,

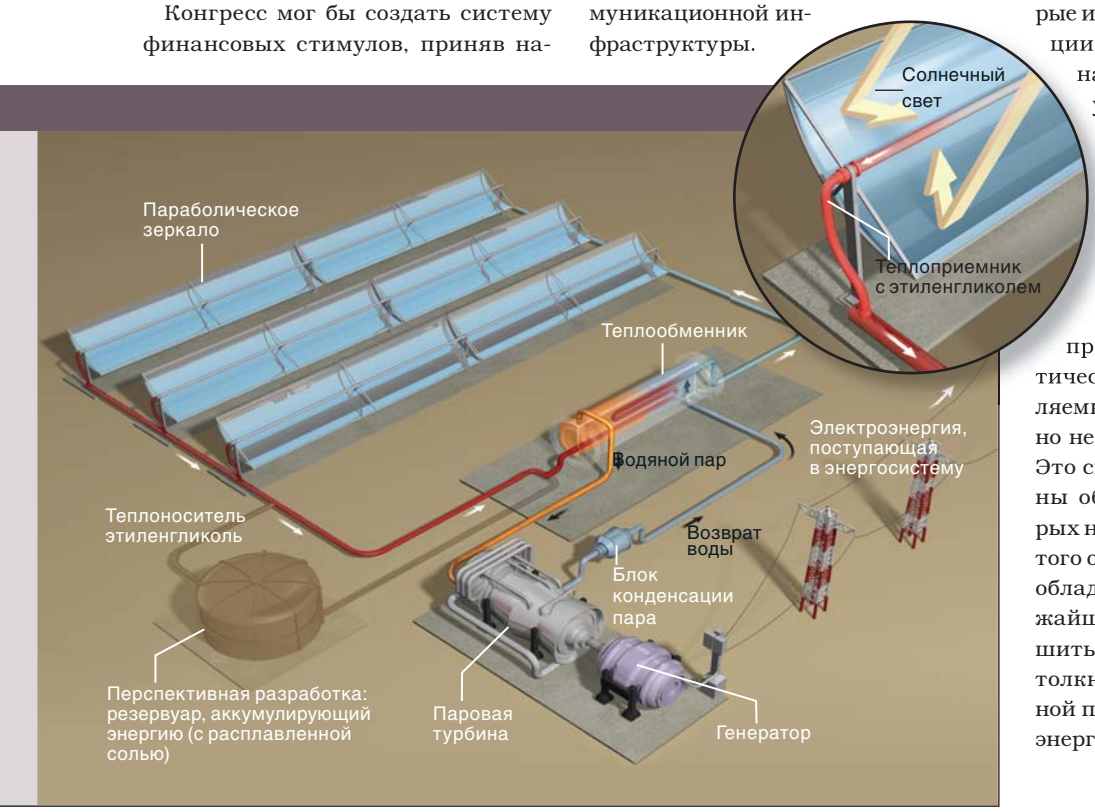
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

На юго-западе США планируется построить крупные фото- и термоэлектрические станции. Одна из них— *Kramer Junction* в пустыне Моджав в штате Калифорния (слева), использующая израильскую технологию, — функционирует с 1989 г. Металлические параболические зеркала концентрируют солнечный свет на теплоприемнике, нагревая находящийся внутри теплоноситель — этиленгликоль (*справа*). Эти зеркала поворачиваются вслед за Солнцем. Нагретый теплоноситель поступает в теплообменник, где образуется пар, вращающий турбину. В перспективных разработках предполагается, что часть энергии теплоносителя пойдет на подогрев находящейся в резервуаре расплавленной соли. Аккумулированное таким образом тепло может использоваться в ночное время для генерации пара

поскольку предусматривает ежегодное увеличение спроса на энергоресурсы на 1%, благодаря чему будет сохранен существующий сейчас образ жизни при ожидаемом повышении эффективности в производстве и использовании энергии. Возможно, самый важный вопрос, — как изыскать средства в размере $420 млрд на радикальное преобразование энергетической инфраструктуры страны. Одно из наиболее простых решений — введение налога на углерод. Международное энергетическое агентство считает, что налог на углерод в размере $40—90 на 1 т угля будет необходим, чтобы побудить производителей энергии использовать системы очистки выбросов. Этот налог эквивалентен повышению цены электроэнергии на 1—2 цента за кВт/ч. Однако программа предусматривает меньшие затраты. Эти $420 млрд можно получить при ставке налога на углерод в размере 0,5 цента за кВт/ч. Учитывая, что цена электроэнергии составляет сегодня от 6 до 10 центов за кВт/ч, добавление 0,5 цента за кВт/ч представляется разумным.

Конгресс мог бы создать систему финансовых стимулов, приняв национальную программу возобновляемых энергоресурсов. Вспомним Американскую программу поддержки цен на сельскохозяйственную продукцию, которая была оправдана с точки зрения национальной безопасности. Программа поддержки цен на солнечную энергию обеспечила бы будущее энергетики страны. Начиная с 2011 до 2020 г. выплачивались бы субсидии, которые при стандартном 30-летнем сроке выплат были бы погашены в 2041—2050 гг. Компании, занимающиеся технологией *HVDC*, не пришлось бы субсидировать, поскольку они финансировали бы строительство линий электропередач и конвертерных станций, так же как сейчас они финансируют линии переменного тока, получая доходы от поставок электроэнергии.

Несмотря на то что $420 млрд — значительная сумма, ежегодные затраты будут меньше, чем на существующую ныне Американскую программу поддержки цен на сельскохозяйственную продукцию, и ниже налоговых субсидий, предоставляемых в последние 35 лет для строительства высокоскоростной телекоммуникационной инфраструктуры.



Без субсидий реализация программы развития солнечной энергетики невозможна. В других странах пришли к аналогичным выводам: Япония уже создает крупную субсидируемую инфраструктуру солнечной энергетики, а Германия приступила к осуществлению общенациональной программы. Несмотря на то что инвестиции велики, важно помнить, что источник энергии — солнечный свет — достается нам бесплатно. Здесь не требуются ежегодные расходы на топливо или на борьбу с загрязнением окружающей среды, как для электростанций, работающих на угле и нефти, или для атомных электростанций. Если учитывать экономию на топливе, становится ясно, что в предстоящие десятилетия затраты на солнечную энергетику станут выгодным вложением средств.

Критики этой программы говорят о других опасениях, например о том, не будут ли препятствовать широкомасштабному строительству таких объектов трудности с материалами. Однако существуют несколько видов фотоэлектрических станций, которые используют различные комбинации материалов. Более эффективная обработка и рециркуляция уменьшают количество сырья, необходимого для создания фотоэлементов. И в долгосрочной перспективе старые солнечные батареи на основе рециркуляции можно перерабатывать в новые.

Однако наиболее серьезное препятствие в создании энергетической системы США на возобновляемых источниках энергии связано не с техникой и не с финансами. Это скорее недооценка как со стороны общественности, так и некоторых научных и политических кругов того огромного потенциала, которым обладает солнечная энергия. В ближайшее время необходимость уменьшить выбросы углекислого газа подтолкнет их к принятию национальной программы развития солнечной энергетики. ■

Перевод: Т.Н. Саранцева