

УДК 620.972.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ**

**ТАЛЫШИНСКИЙ Р.И., ГАСАНОВА Л.Г., ГУЛИЗАДЕ Р.Р.**

*Азербайджанский научно-исследовательский институт Энергетики и  
Энергетического проектирования*

Статья посвящена преобразованию солнечной энергии в электрическую в странах мира. Особое внимание уделено прямому преобразованию солнечной энергии в электрическую. Показана перспективность использования солнечной электроэнергии в Азербайджане.

Использование НВИЭ в мире приобрело ощутимые масштабы и устойчивую тенденцию к росту. Здесь можно дискутировать только о темпах, но сам факт роста не подвергается сомнению.

В последние годы на международных рынках органического топлива, которое было, есть и будет в обозримом будущем основой мирового топливно-энергетического баланса, установилась довольно благоприятная для его потребителей ситуация. Спрос на него удовлетворяется практически в полном объеме. Однако, как известно, ресурсы органического топлива сокращаются по мере их разработки на миллиарды тонн в год. При современном уровне потребления энергоресурсов нефти должно хватить на 30-40 лет, природного газа – на 50 лет, угля – на 270 лет [1].

Очевидно, что по мере исчерпания запасов ископаемых топлив или истощения наиболее доступных, их стоимость будет возрастать и, следовательно, возникнет экономическая необходимость отыскивать и использовать альтернативные источники энергии. Наконец, использование органического топлива наносит окружающей среде неповторимый вред. Это серьезный аргумент в пользу экологически чистых источников энергии.

До середины 80-х гг. динамично развивающаяся атомная энергетика считалась основной альтернативой энергетике, потребляющей органическое топливо. Однако под влиянием ряда нерешенных проблем обеспечения безопасной эксплуатации АЭС (особенно обострившихся после чернобыльской катастрофы), безопасного обращения с радиоактивными отходами, в связи с удорожанием и увеличением сроков строительства атомных энергоблоков, а также из-за существующей во многих странах общественной оппозиции к атомной энергетике, темпы ее развития значительно снизились. В настоящее время лишь Франция и Япония планирует расширение мощностей АЭС. Вызывают определенный страх ее недостатки. Это вопросы хранения и переработки больших объемов радиоактивных отходов, опасность радиоактивного загрязнения при авариях, страшные последствия в случаях возможных террористических актов. По этой причине современные АЭС – это лишь временные и переходные типы установок, использующих энергию атомных ядер. Эти установки в будущем могут заменяться на более «чистые» и безопасные термоядерные станции. Но замена, исходя из результатов полувекковых исследований, не может быть скорой и займет, по-видимому, все нынешнее столетие. Слишком велики технические трудности создания высокотемпературной дейтерий–третиевой плазмы в реакторах с положительным выходом энергии. Много инженерных проблем еще не решено. Поэтому наиболее подходящей альтернативой органическому топливу являются

нетрадиционные возобновляемые источники энергии. К ним относятся солнечная энергия, энергия ветра, биомассы, малых рек.

Потенциал НВИЭ планеты чрезвычайно велик: энергии солнца - 2300 млрд. т.у.т./год; энергии ветра - 26,7 млрд. т.у.т./год; энергии биомассы - 10 млрд. т.у.т./год; энергии малых рек - 360 млрд. т.у.т./год [2].

В одном из прогнозных сценариев развития мировой энергетики, разработанном американской компанией «Shell International Petroleum», утверждается, что уже к 2020 году за счет НВИЭ может быть удовлетворено до 20% всех мировых потребностей в коммерческой энергии. В последующий период этот показатель может достичь 50 %, тогда как в настоящее время за счет НВИЭ покрывается примерно 2 % мировых потребностей в первичных энергоресурсах [3].

Преимущества солнечной энергии перед другими источниками энергии, такие, как: возобновляемость, почти повсеместная распространенность, полная экологическая чистота.

Проблема практического применения солнечной энергии содержит два основных аспекта: преобразование ее в электроэнергию и тепло.

По используемому принципу преобразования солнечной энергии солнечные энергоустановки делятся на фотоэлектрические, реализующие метод прямого (безмашинного) преобразования солнечной энергии в электрическую, и термодинамические, в которых лучистая энергия преобразуется сначала в тепло, которое в термодинамическом цикле тепловой машины в свою очередь преобразуется в механическую энергию, а затем в генераторе - в электрическую.

Солнечная электроэнергетика подразделяется по виду применения на сетевую и автономную. К сетевой относятся солнечные электростанции (СЭС), входящие в энергосистему, т.е. в существующие системы централизованного производства, транспортировки и распределения электроэнергии.

К автономным относятся солнечные энергоустановки, обеспечивающие энергией отдельных потребителей, как связанных, так и не связанных с системой централизованного энергоснабжения. В первом случае не требуется значительных аккумулирующих устройств, так как недостаток энергии от солнечной установки восполняется от централизованной сети, а избыток направляется в сеть. При автономном энергообеспечении потребителей, не связанных с централизованным энергоснабжением, требуется либо достаточно емкий аккумулятор электроэнергии для обеспечения данного потребителя по заданному графику нагрузки, либо дублер - какое-либо генерирующее устройство на традиционных энергоносителях, способное оперативно восполнять недостаток энергии от солнечной установки. На рис.1 показана сетевая солнечная энергоустановка.

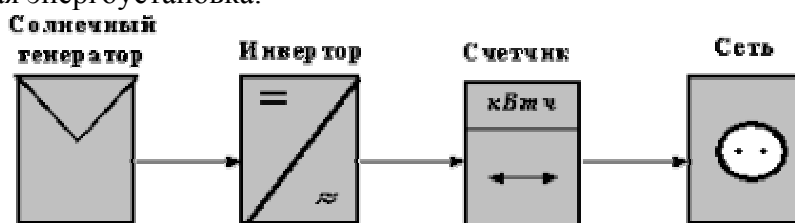


Рис. 1

На рисунке 2 показана автономная фотоэлектрическая станция. В общем случае она состоит из набора солнечных модулей, размещенных на опорной конструкции или на крыше здания.

Все эти направления получили распространение на практике во многих странах. Сетевые СЭС мощностью в единицы и десятки мегаватт на сегодня еще не имеют коммерческой привлекательности, создаются и используются главным образом в

составе государственных программ с бюджетной финансовой поддержкой. Такая поддержка необходима, поскольку без крупномасштабного эксперимента невозможна отработка технологии преобразования солнечной энергии на сетевых СЭС. В настоящее время среди них термодинамические СЭС имеют некоторое преимущество как по удельным капиталовложениям, так и по величине КПД.

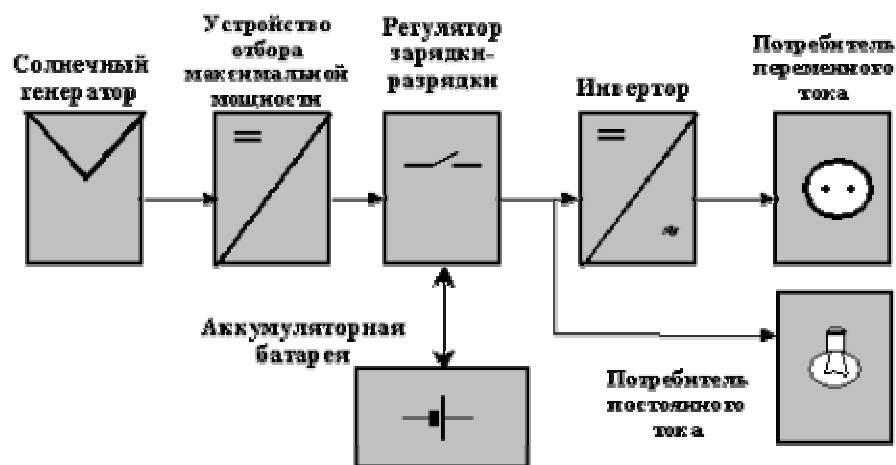


Рис. 2

Что касается автономных солнечных энергоустановок малой мощности (от сотен ватт до десятков киловатт), то на этом уровне мощности указанные выше преимущества термодинамических установок теряются, и более предпочтительны фотоэлектрические установки в силу своей конструктивной простоты (безмашинное преобразование), что делает их более удобными в эксплуатации.

Правительства экономически развитых стран всемерно содействуют развитию фотоэлектрического получения электроэнергии. Правительство Германии приобретает электроэнергию, вырабатываемую ФЭП в дневное время, у собственников фотоэлектрических солнечных модулей, подключенных через инвертор со счетчиками в государственную электрическую сеть, а вечером и ночью отдает своим гражданам необходимое им количество электроэнергии. Для этого создан закон, который в сочетании с существующей в Германии программой 100.000 солнечных крыш, привел к тому, что только в два дня апреля поступили заявки на ФЭП модули общей мощностью 20 МВт—это пятая часть общего годового производства ФЭП в Европе. При этом для покупателей ФЭП модулей мощностью до 5 кВт предлагается практически беспроцентный кредит на 10 лет. Таким образом, правительство стимулирует немцев приобретать фотоэлектрические солнечные модули.

В Японии при активной поддержке правительства развивается программа 25000 домов, энергопотребление которых обеспечивается за счет использования ФЭП. В Японии реализуется Государственная программа развития солнечной фотоэнергетики с объемом финансирования 3,5 млрд. долларов США. В Японии, согласно программе «Новое солнце», предусматривается установка солнечных батарей общей мощностью 4600 МВт к 2010 году.

В США и в странах Западной Европы были начаты аналогичные программы «Миллион солнечных крыш». В США только бюджетное финансирование за последние 15 лет превысило 1,0 млрд. долларов США – по программе «Миллион солнечных крыш» предусматриваются солнечные батареи общей мощностью 3000 МВт к 2010 году.

Европейской Комиссией – по программе «Полмиллиона европейских крыш» к 2010 году планируется установка солнечных батарей общей мощностью 1500 МВт.

Согласно последним исследованиям, ~1% или 17 тыс. из 1,7 млн. домовладельцев Швейцарии пользуются установками, преобразующими солнечную энергию. В немецкоязычной части страны 49 малых и средних энергетических фирм эксплуатируют гелиоустановки и еще 24 готовят проекты. Это самый высокий показатель использования солнечной энергии в Швейцарии. В энергосистеме немецких городов страны доля солнечной энергетики достигла 3%.

Крупномасштабные программы развития солнечной фотоэнергетики приняты также в Индии, Китае, странах Африки и Латинской Америки.

Одним из основных потребителей фотоэлектрических систем (ФЭС) различных типов и классов являются вооруженные силы США.

МО США является самым крупным потребителем электроэнергии в США. Долгосрочный потенциал применения ФЭС в системе министерства обороны оценивается в 3830 МВт установленных мощностей. С 1975 года в МО США во взаимодействии с Министерством энергетики начаты работы по внедрению ФЭС в рамках федеральной программы использования фотоэнергетики. Согласно данной программе, на военных объектах было установлено 218 ФЭС единичной мощностью от 1 до 25 кВт. Эти системы постоянного тока применялись для освещения удаленных объектов, обеспечения связи, электропитания радиоэлектронных средств, подзарядки батарей.

Особенностью современного состояния научно-технических разработок и практического использования фотоэлектрических преобразователей энергии является высокая стоимость получаемой электрической энергии по сравнению с традиционными источниками. В то же время существует устойчивая во времени тенденция снижения стоимости солнечных электростанций, обусловленная научными достижениями в методах их использования, совершенствованием технологии, увеличением объема производства; а также тенденция повышения стоимости традиционных ископаемых источников энергии, вызванная их истощением и усложнением технологии добычи.

Быстрое развитие солнечной энергетики стало возможным благодаря снижению стоимости фотоэлектрических преобразователей в расчете на 1 кВт установленной мощности с 1000 долларов в 1970 году, до 3...5 долларов в 1997 году и повышению их КПД с 5 до 18 %. Уменьшение стоимости солнечного ватта до 0,5 – 1,0 доллара позволит гелиоустановкам конкурировать с другими автономными источниками энергии.

Ниже приведен прогноз стоимости\* и КПД фотоэлектрических преобразователей.

Материал ФЭП	1997 г.	2000 г.	2010 г.
Поликристаллический кремний	3.9 – 4.25	1.50 – 2.50	1.20 – 2.00
CdTe	–	1.20 – 2.00	0.75 – 1.25
a-Si	2.50 – 4.50	1.20 – 2.00	0.75 – 1.25

\*Прогноз стоимости ФЭП на 2010 год представляет минимальный предел стоимости при существующих технологиях.

Материал ФЭП	1998 г.	2000 г.	2010 г.
Поликристаллический кремний	13 – 15	16	20
CdTe	6 – 8	10	14
a-Si	7 – 8	12	14

Большинство западных производителей солнечных элементов и модулей (Siemens Solar-Германия, British Petroleum Solar International-Англия) выпускают фотовольтаические системы на основе монокристаллических кремниевых пластин, полученных из слитков диаметром 135 и 150 мм. Эти системы имеют КПД в диапазоне 12-15%.

Мировой спрос на солнечные электросистемы выглядит таким образом: 1985 г. – 21 МВт, 2001 г. – 400 МВт, 2005 г. – 1500 МВт, 2010 г. – 4100 МВт. Мировой спрос на солнечные батареи наибольший в Японии и составляет 30 % от общего спроса, в странах Европы - 20 %, в США –10 % [4].

Производством источников солнечной энергии занимаются «Siemens», «Shell», «British Petroleum», «Sony», «Fujitsu», «Hitachi», в Шри Ланке, в Индии, а также в России в следующих местах: Рязань, Дальний Восток, в Краснодарском крае, в Центральной России.

Российская компания "Велес-2000" производит и экспортирует фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) и солнечные батареи (модули) в несколько стран мира. В мире существуют тысячи предприятий, которые производят солнечные батареи из ФЭПов, но компаний, которые производят сами ФЭПы – немного, не более двадцати и компания "Велес-2000" – одна из них.

Основные потребители продукции компании "Велес-2000" компании из ЮАР и Испании.

Скрап кремния из Японии поступает в Украину, завод «Чистые металлы», г.Светловодск. Монокремний из Светловодска поступает в Россию, где и изготавливаются ФЭПы уже из пластин монокремния.

В настоящее время продается в год продукции примерно на \$3.0 млн. долларов США, имеется подтвержденных заказов на 2003 год на сумму \$10 млн. долларов, на 2004 год на сумму \$25 млн. долларов.

В России фотоэлектрические установки в основном производятся на экспорт и используются незначительно из-за кризисного состоянии экономики, а также отсутствия стимулирования использования возобновляемых источников энергии. Например, в Германии 1%, на Украине 0,075% тарифа на электроэнергию собирается в специальный государственный фонд, из которого через уполномоченный банк на 20-30% снижается для покупателя цена энергетической установки и устанавливается на 10 лет повышенный в два раза тариф на продаваемую в сеть электроэнергию. Льготный тариф снижается на 5% каждый год с тем, чтобы через 10 лет он сравнялся с обычным тарифом на энергоносители для экологически "грязных" электростанций.

После введения этого закона немецкие граждане-владельцы домов взяли деньги из банков и купили в 2001 году на свои сбережения 50 МВт фотоэлектрических систем для собственных крыш общей стоимостью 500 миллионов немецких марок. Фотоэлектрические системы мощностью 50 МВт в Германии произвели за год 50 миллионов кВт ч электроэнергии стоимостью 50 миллионов немецких марок. Владельцы фотоэлектрических систем получили 10% годовых на вложенный капитал, что в два раза выше, чем в банке. Германское государство не потратило ни одной марки бюджетных средств. Выигрывает и сетевая компания. У нее уменьшаются потери на передачу энергии и пиковая нагрузка на электростанции, работающие в базисном режиме.

Солнечная энергетика - это будущее каждой страны, это и будущее Азербайджана. Географическое положение и климатические условия Азербайджана являются достаточно благоприятными для использования солнечной энергии. В ряде научных публикаций показано, что с климатической и технической стороны практическое применение солнечной энергии имеет достаточные перспективы.

Среди государств закавказского региона Азербайджан получает наибольшее количество солнечного тепла и света. Годовое количество часов солнечного сияния от низменностей до высокогорий колеблется в пределах 2.800-1.800 часов. На Кура-Араксинской низменности и Приараксинской равнине годовая сумма солнечного сияния равна 2.400-2.800 часов. Число солнечного сияния, начиная от предгорий к среднегорью постепенно уменьшается, а в зоне высокогорья снова увеличивается. Годовое количество суммарной солнечной радиации на Кура-Араксинской и

Ленкоранской низменностях достигает 125-134 ккал/квадратный сантиметр. В высокогорной зоне, увеличиваясь, достигает 145-150 ккал/квадратных сантиметров. В Нахичеванской Автономной Республике годовое количество суммарной солнечной радиации, колеблется в пределах 145-160 ккал/квадратный сантиметр.

Ниже приведены режимные характеристики солнечной радиации в Прикаспийской зоне Азербайджанской Республики [5].

Месяцы	Количество солнечной энергии, поступающей в течение суток, Вт ч/ кв.м	Количество солнечных дней	Продолжительность солнечного сияния в часах	Плотность солнечного излучения, Вт/кв.м
I	2090	22	106	444
II	2607	21	122	463
III	3636	26	161	580
IV	4616	27	212	594
V	6556	30	297	673
VI	7580	30	373	615
VII	7726	31	369	650
VIII	7033	31	359	607
IX	5753	30	299	578
X	2793	29	241	343
XI	2530	25	151	428
XII	1763	21	104	366

Приведено также годовое количество солнечной радиации в Азербайджане и в некоторых районах России в кВт ч/кв.м [6]

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
Астрахань, широта 46.4	69.4	96.0	157.1	218.3	268.0	293.3	269.1	276.1	229	164.4	102.3	57.3	2200.2
Москва, Котельническая наб., широта 55.7	21.7	62.3	132.9	161.4	228.0	227.8	224.8	189.2	126.5	71.6	42.2	26.0	1514.3
Петропавловск-Камчатский, широта 53.3	80.2	114.5	181.5	200.8	202.7	202.5	289.3	193.0	156.0	147.0	95.9	80.2	1843.6
Сочи, широта 43.6	76.0	99.1	129.9	160.1	222.1	269.3	228.9	284.0	222.0	185.8			
Нахичеванская обл., Широта 39.5	103.3	116.6	164.1	198.3	227.5	284.1	277.5	287.5	248.3	201.6	128.3	102.5	2339.6
Ленкоранская обл., широта 38.6	114.1	126.6	155.0	181.6	210.8	239.1	225.0	233.3	193.3	147.5	99.1	96.6	1962
Абшерон, широта 40.5	108.3	117.5	159.1	181.6	196.6	225.8	226.6	216.6	187.5	163.3	117.5	102.5	2002.9

Ниже также приведено годовое количество солнечной энергии, получаемое от солнечного модуля при КПД 12 % в кВт ч/кв.м.

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
Астрахань, широта 46.4	8.3	11.5	18.8	26.2	32.1	35.2	32.3	33.1	27.5	19.7	12.3	6.9	264
Москва, Котельническая наб., широта 55.7	2.6	7.5	16.0	19.3	27.3	27.3	26.9	22.7	15.2	8.6	5.0	3.1	181.7
Петропавловск-Камчатский, широта 53.3	9.6	13.7	21.8	24.1	24.3	24.3	22.7	23.1	18.7	17.6	11.5	9.6	221.2

Сочи, широта 43.6	9.1	11.9	15.6	19.2	26.6	32.3	34.7	34.1	26.6	22.3			
Нахичеванская обл., Широта 39.5	12.4	14.0	19.7	23.8	27.3	34.1	33.3	34.5	29.8	24.2	15.4	12.3	280.8
Ленкоранская обл., широта 38.6	13.7	15.2	18.6	21.8	25.3	28.7	27.0	28.0	23.2	17.7	11.9	11.6	242.7
Абшерон, широта 40.5	13.0	14.1	19.1	21.8	23.6	27.1	27.2	26.0	22.5	19.6	14.1	12.3	240.4

На наш взгляд, необходимо в развитии электроэнергетики Азербайджана предусмотреть применение небольших солнечных электростанций, работающих с использованием фотоэлектрических преобразователей.

Для этого необходимо создать опытную установку, которая одновременно являлась бы и демонстрационной, на которой можно было бы всесторонне исследовать ФЭП, выпускаемые различными фирмами; подготовить специалистов по монтажу и применению СЭС, а также проводить всевозможные исследовательские работы.

1. Игорь Подгорный. «Альтернативные источники энергии»
2. Экологические системы// май 2003, № 5
3. Карабанов М.С. «Солнечный модуль». Газета «Энергетика и промышленность России».
4. Лавров В.Б. «Солнечные источники электроэнергии»
5. Yolçiyev M. N., Abdullayev F. S. «Günəş enerjisinin istifadə perspektivləri» ADNA-ın 80 iliyinə həsr olunmuş respublika elmi-praktiki konfransı. 2000-ci il.
6. Həşimov A. M., Səfərov N.Ə., Mədətov R.S., Əhmədov Q.M. Azərbaycan iqlim bölgələri və sahələri üzrə günəş fotoelektrik qurğularının enerji hasilatı hesabının metodikası və nəticəsi.// Energetikanın problemləri 2003, № 1.

## **AZƏRBAYCANDA GÜNƏŞ ELEKTROENERGETİKASININ İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ**

**TALIŞİNSKİY A.İ., HƏSƏNOVA L.H., QULU-ZADƏ R.R.**

Məqalə dünya ölkələrində günəş enerjisini elektrik enerjisinə çevrilməsinə həsr edilmişdir. Günəş enerjisini elektrik enerjisinə birbaşa çevrilməsinə xüsusi diqqət yetirilmişdir. Günəş elektrik enerjisini Azərbaycanda istifadə imkanları göstərilmişdir.

## **PROSPECTS OF SOLAR ELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN AZERBAIJAN**

**TALISHINSKIY R.I., GASANOVA L.G., GULIZADE R.R.**

Article is devoted to transformation of a solar energy in electrical energy in the countries of the world. The special attention is given to direct transformation of a solar energy in electrical energy. The prospect of the solar electric power use in Azerbaijan is shown.