

### **3.1.4. Энергия ветра**

#### **Ветроэнергетический потенциал (официально)**

На территории республики выявлено 1840 площадок для размещения ветроустановок с теоретически возможным энергетическим потенциалом 1600 МВт и годовой выработкой электроэнергии 3,3 млрд.кВтч.

Однако, в ближайшее время технически возможное и экономически целесообразное использование потенциала ветра не превысит 5% от установленной мощности электростанций энергосистемы, т.е. может составить не более 300-350 МВт или 720-840 млн.кВтч.

Существующие способы преобразования ветроэнергии в электрическую с помощью традиционных лопастных ветроэнергетических установок (ВЭУ) в условиях Беларуси экономически неоправданны, во-первых, из-за высокой пусковой скорости ветра (4-5 м/сек), высокой номинальной скорости (8-15 м/сек) и небольшой годовой производительности в условиях слабых континентальных ветров, характерных для Беларуси – 3-5 м/сек., во-вторых, стоимость ВЭУ составляет 1000-1500 долл.США/кВт установленной мощности.

Проведенный в последние годы в республике комплекс работ позволяет делать более оптимистичный прогноз в части использования энергии ветра для производства электроэнергии. Для этих целей группой авторов рекомендуются новые ВЭУ, основанные на эффекте Магнуса, когда в качестве аэродинамических элементов используются не лопастные, а вращающиеся усеченные конусы специальной формы (роторы), подъемная сила в которых многократно (в 6-8 раз) превосходит подъемную силу в лопастях. По утверждениям авторов, главное их преимущество состоит в том, что они могут эффективно работать при скоростях ветра, характерных для условий Беларуси.

Для получения объективной оценки о возможности изъятия полного ветропотенциала (с помощью новых ВЭУ) требуется завершить цикл экспериментальных исследований и определить необходимые инвестиции для развития названного направления. С учетом необходимости параллельной работы ВЭУ с энергосистемой схема намного усложняется и естественно значительно возрастут затраты на создание и эксплуатацию ВЭУ. При этом в затратах следует учитывать необходимость создания и содержания резерва мощностей на других типах электростанций. По экспертным оценкам к 2005г. будет освоено не более 5% общего потенциала, т.е. 45 млн. кВтч, что эквивалентно 12 тыс. т у.т.

#### **Ветроэнергетический потенциал Беларуси по оценке экспертов БО МАЭ**

Как уже отмечалось, в позапрошлом веке трудно было найти белорусскую деревню, в которой не стояла бы ветряная мельница. Поэтому еще недавно широко распространенное мнение о бесперспективности развития ветроэнергетики в Беларуси как среди лиц, ответственных за принятие решений, так и специалистов по традиционной энергетике, не соответствует исторической действительности. Средняя скорость ветра на территории Беларуси в 3.6 м/с, фигурирующая во многих официальных документах, также не соответствует действительности – это было доказано 3-х летними исследованиями БО МАЭ в 1996-1999гг на современном компьютерном оборудовании при обосновании необходимости строительства первой промышленной ветроэнергетической установки мощностью 250 кВт в гп Занарочь. Количество площадок для ветроустановок, конечно, существенно больше, чем 1840, но выбирать их следует не только по скорости ветрового

потока, но и с учетом наличия и мощности сетей в непосредственной близости от площадки. Эта «мелочь» не учитывалась при определении официальных площадок, что может существенно увеличить инвестиции для развития ветростанций. Использование эффекта Магнуса для ВЭУ было экспериментально проверено в Германии еще в 1926 году, после чего от установок подобного типа отказались.

Опыт эксплуатации 2-х ВЭУ НПО ЭкоДом показывает, что они экономически рентабельны и срок их окупаемости составляет 7-8 лет – так же, как и в Германии. Однако Постановление Совмина №400 от 1997г о двойном тарифе за нетрадиционную энергию фактически не выполняется, а экономическое состояние областных и районных энергосетей вызывает сострадание и сомнение в способности реализовать указанное постановление при масштабном развитии ветроэнергетики.

Вопрос развития ветроэнергетики в Беларуси – это вопрос не столько ветрового потенциала, сколько вопрос экономики и энергетической политики. Если создать адекватные условия для участия малого и среднего бизнеса в решении этой проблемы – она будет решена без инвестиций со стороны государства, за счет использованных ВЭУ, так же, как был решен вопрос автомобилизации белорусского общества, но это потребует изменения парадигмы мышления лиц, принимающих решения.

В настоящее время ряд фирм, производящих ВЭУ, выразили желание открыть свои представительства в Беларуси. Наиболее перспективно, на наш взгляд, выглядит предложение концерна Мицубиси открыть представительство и сервисный центр для ВЭУ. Наиболее перспективно использование ВЭУ мощностью 1МВт с диаметром ротора 61.3 м спроектированной для невысоких скоростных потоков (максимум мощности ВЭУ выдает при скорости ветра всего 10 м/с). Начаты переговоры с лицами, принимающими решения.



Фото 1



фото 2



Фото3

Фото1 Первая промышленная ВЭУ мощностью 250 кВт около г.п.Занарочь 2001г (владелец –белорусско-немецкое общественное объединение «ЭкоДом»)

Фото 2 Вторая промышленная ВЭУ мощностью 600 кВт в процессе монтажа 2002 г (там же, владелец тот же)

Фото 3 Автономный ветрокомпьютер SoWICO- подарок немецкого спонсора, расположенный на водонапорной башне в 1996-1999гг (д.Дружная), с помощью которого БО МАЭ было доказано, что ветропотенциал в этой части Беларуси существенно выше официального и ветроэнергетика имеет будущее в нашей стране.

### 3.1.5. Потенциал использования энергии солнца в Республике Беларусь

#### Введение

Энергетический кризис последней четверти 20 века заставил по новому взглянуть на проблемы использования возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой, биомассы, биогаза и др.). Это связано не только с истощением запасов органических топлив, но еще более с проблемой экологической безопасности и, в частности, с выбросом двуоксида углерода и других продуктов сгорания в атмосферу при сжигании обычных топлив. Эта угроза потенциально весьма серьезна, а влияние избыточного энерговыделения и загрязнения атмосферы на климат планеты тревожно необратимы. Такая ситуация призывает нас к благоразумному, превентивному подходу в использовании обычных видов топлива и, соответственно, к применению технологий производства энергии с низкой эмиссией углерода, основанных на возобновляемых энергоресурсах.

Глобальная стратегия развития энергетики, а следовательно и всей цивилизованной жизни на Земле в 21 веке, хорошо иллюстрируется так называемой 3Э-трилеммой [1,2]. При обычном способе развития цивилизации по стандартному пути для активизации экономического развития (Э: Экономика) необходимо увеличивать расход (и производство) энергии (Э: Энергетика). К такому же результату ведет и имеющий место в настоящее время общий мировой рост численности населения. Однако это создает серьезные экологические проблемы (Э: Экология) вследствие увеличения выбросов вредных веществ в окружающую среду. И наоборот, если политический выбор государств направлен на снижение вредных выбросов, это тормозит развитие экономики. Единственным способом разрешения этой трилеммы является развитие экологически чистых технологий производства энергии.

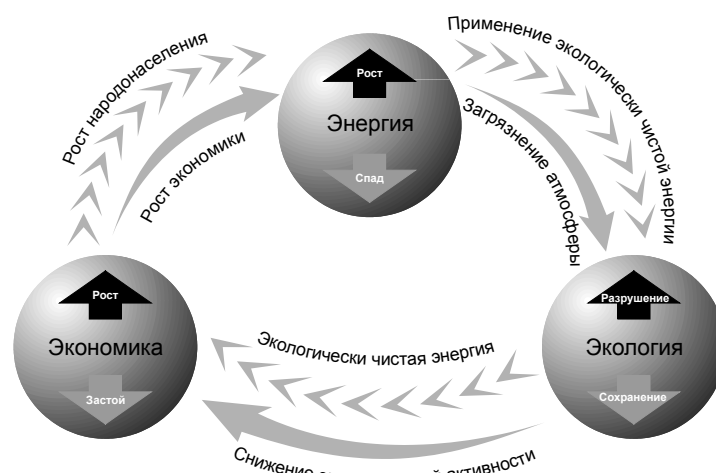


Рис. 2. «3 Э-трилемма»

Из всех видов возобновляемых источников энергии наиболее привлекательной в этом смысле представляется энергия Солнца, в особенности способ ее непосредственного преобразования в электрическую энергию с помощью фотоэлектрических преобразователей энергии, или как их еще называют - солнечных элементов (СЭ). СЭ для наземного использования характеризуются очень большим временным ресурсом работы, не имеют движущихся частей, не создают шума, с их работой не связана эмиссия каких либо вредных веществ (кроме как в процессе их производства) и поэтому они выглядят весьма

притягательными для потребителей в качестве альтернативы обычным источникам энергии. Они хорошо сочетаются с современным строительным дизайном, более того, ввиду достаточно больших эффективностей фотопреобразования (не менее 10-15 %) и модульного принципа наращивания мощности, коммерческие СЭ могут использоваться в системах с мощностью от 1 Вт, например, в калькуляторах, до нескольких МВт – «солнечные электростанции», которые являются составными частями региональных энергосистем (grid-connected rooftop arrays).

Главным (и может быть единственным) недостатком этого способа получения энергии в настоящее время является высокая стоимость «солнечного электричества». Сравнение стоимости 1 Вт установленной мощности для СЭ с аналогичными характеристиками других видов энергетики и источников энергии:

- ~5 \$ для солнечных элементов;
- ~0,2 \$ для тепловых электростанций;
- ~0,4 \$ для атомных и гидроэлектростанций;
- ~1 \$ для ветроэнергетических установок, свидетельствует, что в настоящее время солнечная энергетика не может выступать в качестве поставщика электроэнергии, наравне с другими. Однако, применение СЭ оказывается рентабельным в ряде специфических областей [3]:
  - снабжение электроэнергией удаленных потребителей к которым нерентабельно прокладывать линию электропередач;
  - питание передвижных потребителей (экспедиции, пастбища скота, передвижные системы орошения, туристы, охотники и т.д.);
  - автоматические пункты системы связи, системы метеонаблюдений, системы наблюдения и контроля движения на автострадах;
  - катодная защита от коррозии подземных и подводных металлических сооружений;
  - электропитание навигационных и сигнальных знаков и буев на реках, озерах, морях;
  - создание экологически чистых электростанций в курортных районах.

Перспективность фотовольтаики, как возобновляемого источника энергии, подтверждается тем, что прирост производства солнечных батарей во всем мире за последние 2-3 десятилетия составил, в среднем, примерно 25 % в год [4]. Особенно интенсивный рост наземного использования солнечных элементов наблюдался в 90-е годы XX века. Согласно оценкам [5], только за 10 лет с 1992 по 2001 г. мощность проданных солнечных батарей выросла примерно с 60 МВт до 380 МВт (то есть увеличилась более чем в 6 раз).

При этом на рынке фотовольтаики доля солнечных элементов и модулей, произведенных на основе кристаллического кремния, сейчас превышает 90 %, из которых примерно две трети приходится на поликремний и треть – на монокремний. Столь широкое применение кристаллического кремния в фотовольтаике обусловлено как развитостью кремниевой технологии вообще (в связи с существованием мощнейшей электронной промышленности), так и возможностью изготовления на его основе солнечных элементов наземного использования с наиболее приемлемым отношением эффективность/стоимость. Остальная часть рынка фотовольтаики приходится на пленочные элементы, (аморфный кремний, соединения CuInSe, CuGaInSe, CdTe и др.).

Важность проблемы солнечной энергетики как части проблемы использования возобновляемых источников энергии на территории Беларуси в ставит перед белорусскими потребителями, а следовательно и изготовителями фотовольтаических устройств, следующие вопросы:

- Каков потенциал энергии Солнца на территории Республики Беларусь?
- Какие типы СЭ следует использовать с точки зрения соотношения экологии и экономики производства энергии?

- Нужно ли и в каких масштабах нашей стране развивать свое собственное производство солнечных батарей?
- Каковы экономические перспективы и возможный рынок использования кремниевых СЭ в Беларуси?

## **Потенциал энергии Солнца на территории Республики Беларусь**

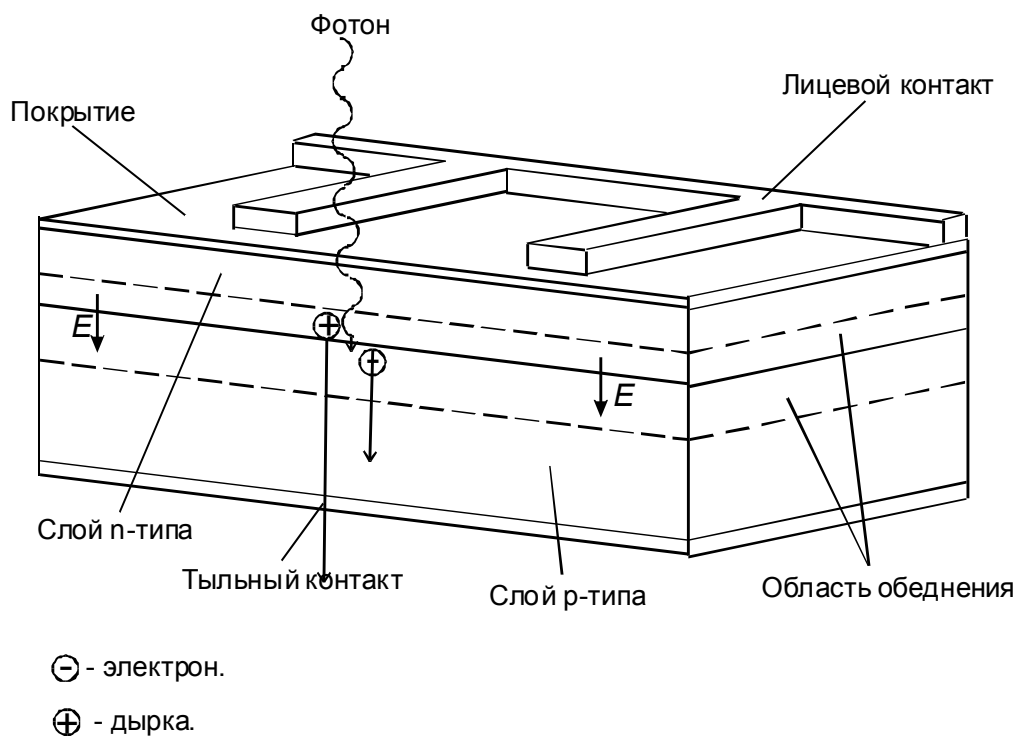
Важным вопросом, на котором прежде всего следует остановиться, является вопрос о возможности использования солнечных электростанций в средней полосе, к которой относятся Республика Беларусь. Очень часто раздаются голоса, что это в принципе невозможно, при этом ссылаются на малое число часов светлого времени и малое число дней с открытым Солнцем в году. Прежде всего, отметим, что суммарное за год светлое время суток (когда Солнце находится выше горизонта) одинаково для любой точки земного шара и равно  $\frac{1}{2}$  года. Следовательно, дело лишь в величине атмосферной массы, т.е. длины пути, проходимого солнечным лучом в атмосфере, а также в состоянии атмосферы (запыленность, число облачных дней в году и т.д.). Такие измерения проводятся повсеместно, существуют географические карты с указанием среднегодовых значений солнечной радиации [6,7]. Республика Беларусь попадает в зону среднегодовой плотности солнечной радиации порядка  $100-150 \text{ Вт/м}^2$ . Эта цифра получена с учетом факторов «день-ночь», «лето-зима», «облачные или безоблачные дни». Проведем несложный расчет. Возьмем среднегодовое значение солнечной радиации  $120 \text{ Вт/м}^2$  (Такое значение зарегистрировано для Минска, Могилева и других городов РБ). Расчет показывает, что если приемную площадку СЭ расположить с наклоном  $30-40^\circ$  к югу, то величина среднегодовой солнечной радиации будет повышена до  $150 \text{ Вт/м}^2$ . При эффективности СЭ равным  $10\%$  (см. далее) за год с  $1 \text{ м}^2$  может быть получено  $150 \times 0,1 \times 3600 \times 24 \times 365 = 4,7 \times 10^8 \text{ Вт}$  или  $131,4 \text{ кВт-часов}$  электроэнергии. Для Беларуси годовое потребление электроэнергии в 2003 году составляло 36 млрд. кВт-часов. Чтобы покрыть эту потребность необходимо около  $300 \text{ км}^2$  или  $0,15\%$  территории республики. То есть, квадрат  $16,5 \times 16,5 \text{ км}^2$ , отданный под солнечную электростанцию, может обеспечить всю потребность нашей страны в электроэнергии.

Таким образом, аргумент о невозможности использования солнечных электростанций в средней полосе неправомерен. Остаются вопросы о сезонных и суточных колебаниях в поступлении солнечной электроэнергии. Не вдаваясь в подробности, заметим, что все эти вопросы технически могут быть легко решены. Это циклическая работа электроемких производств (например, получение водорода гидролизом воды для топливных элементов), создание гидроаккумулирующих станций, совместная работа солнечных электростанций с электростанциями других типов и др.

## **Солнечный элемент как прибор оптоэлектроники: параметры, материалы, технология.**

Солнечный элемент – это полупроводниковый прибор, в простейшем случае представляющий собой диод с  $p-n$  переходом, расположенным параллельно лицевой стороне прибора. Схематически устройство такого СЭ представлено на рис. 2. Принцип действия СЭ следующий. В равновесном состоянии по обе стороны  $p-n$  перехода образуются пространственные области, обедненные свободными носителями заряда – электронами и дырками. За счет неподвижного заряда, образуемого положительно заряженными ионами донорной примеси в  $n$ -области и отрицательно заряженными ионами акцепторной примеси в  $p$ -области, возникает внутреннее электрическое поле  $E$ . Эта обедненная свободными носителями заряда область называется, по другому, областью

пространственного заряда. Если энергия падающего на СЭ кванта света  $h\nu$  больше ширины запрещенной зоны полупроводникового материала  $E_g$ , то квант поглотится в материале с образованием пары свободных носителей заряда - электрона и дырки. В случае, если поглощение произошло в области пространственного заряда и образовавшаяся электронно-дырочная пара находится в пределах действия внутреннего поля  $E$ , это поле разобьет электрон и дырку. В результате, дырка, двигающаяся по полю, будет выброшена в  $p$ -область, а электрон, двигающийся против поля – в  $n$ -область. Таким образом, произойдет разделение носителей заряда, т.е. возникнет электродвижущая сила (ЭДС).



**Рис.3. Устройство и принцип действия солнечного элемента питания**

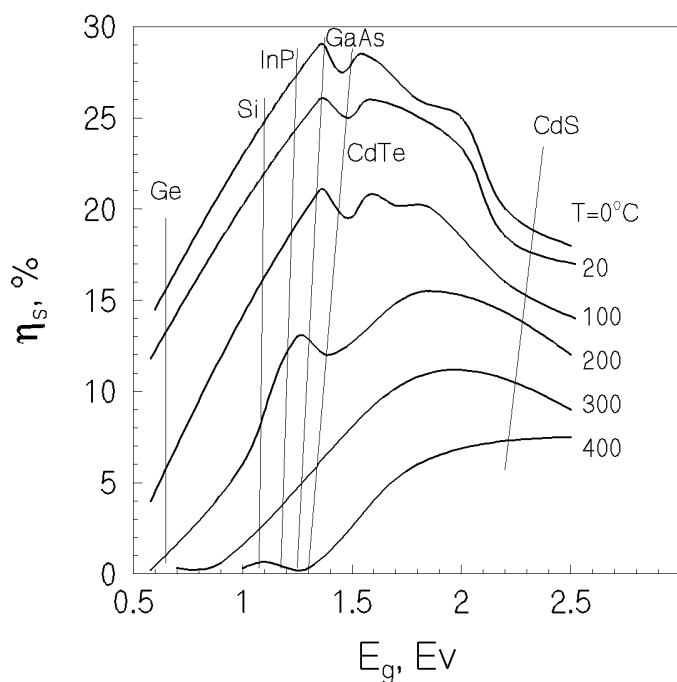
В реальном случае, даже если поглощение кванта света происходит вне области пространственного заряда, существует вероятность того, что электронно-дырочная пара окажется в области локализации поля  $E$  и будет разделена этим полем. Это может произойти либо вследствие диффузии носителей заряда в сторону  $p$ - $n$  перехода, либо вследствие дрейфа в, так называемом, тянущем поле. Дополнительное тянущее поле можно создать неоднородным (по глубине) распределением легирующей примеси. Такое поле формируется, если  $p$ - $n$  переход образован путем диффузии примеси.

Собирание тока в СЭ осуществляется, как правило, с помощью сплошного тыльного контакта и сетчатого или гребенчатого контакта с лицевой стороны (создание высокоэффективного и прозрачного лицевого контакта является трудноразрешимой задачей).

Важнейшим параметром СЭ является *эффективность фотопреобразования* (или КПД, т.е. коэффициент полезного действия), под которым понимают отношение электрической мощности, вырабатываемой СЭ, к мощности оптического излучения, падающего на него.

Глубина проникновения света в материал из которого состоит СЭ, определяется параметрами самого материала, прежде всего – шириной запрещенной зоны  $E_g$ , а также длиной волны падающего излучения. Кроме того, от величины  $E_g$  зависит максимальное напряжение, вырабатываемое СЭ (т.н. напряжение холостого хода). С другой стороны, СЭ – прибор, предназначенный не просто для работы с произвольным источником света, а с

вполне конкретным источником – Солнцем, имеющим строго определенный спектр излучения. Таким образом, для изготовления СЭ, имеющего максимальную эффективность преобразования световой энергии в электрическую подходит далеко не каждый полупроводниковый материал. На рис. 3 приведена зависимость теоретического КПД солнечных элементов в условиях заатмосферного солнечного излучения от ширины запрещенной зоны для различных полупроводников. Как видно из этого рисунка, максимально возможной эффективностью преобразования обладают такие полупроводниковые материалы как *арсенид галлия (GaAs)*, *фосфид индия (InP)*, *теллурид кадмия (CdTe)*, *кремний (Si)* и некоторые другие.



**Рис. 4. Максимальная эффективность фотопреобразования для некоторых полупроводниковых материалов**

Для кремния максимально достижимым значением эффективности фотопреобразования является значение  $\sim 28\%$ . Отметим сразу, что материалы, имеющие более высокую, по сравнению с кремнием, теоретическую эффективность преобразования являются полупроводниковыми соединениями, что сразу делает их более сложными в технологии получения, очистки, создания *p-n* перехода и, следовательно, существенно более дорогими (во всяком случае в настоящее время).

Таким образом, в настоящее время базовым материалом для производства эффективных СЭ самого разного назначения является кремний, используемый в виде монокристаллов, поликристаллов и аморфных (нанокристаллических) пленок.

Наивысшими КПД обладают, конечно, СЭ на основе монокристаллического кремния микроэлектронного качества (до 14%). Однако солнечные элементы на его основе достаточно дороги и могут быть использованы лишь для особых целей (например, в целях мониторинга окружающей среды, космических и других аппаратах спецназначения и т. д.).



## Слагаемые стоимости солнечного элемента

Одна из важнейших причин преимущественного использования кремния в фотовольтаике связана с отношением стоимости производства СЭ или модулей к производимой ими пиковой мощности (\$/Вт), последняя из которых, в свою очередь, напрямую зависит от эффективности фотопреобразования СЭ.

Главным фактором, сдерживающим широкое внедрение солнечных электростанций в настоящий момент, является стоимость СЭ и модулей на их основе, а, следовательно, и цена производимой ими электрической энергии. Для СЭ наземного использования критерием оценки является не столько стоимость модуля (или СЭ его составляющих), сколько стоимость 1 Вт электрической энергии, произведенной этим модулем. Исходя из этого, вопрос стоимости 1 Вт установленной мощности СЭ связан со следующими факторами:

- стоимостью материала из которого произведен СЭ;
- стоимостью технологического процесса производства СЭ;
- стоимостью технологического процесса монтажа модуля;
- эффективностью преобразования солнечной энергии в электрическую.

Каждый из этих пунктов допускает снижение стоимости энергии, полученной с помощью СЭ. На рис. 5 представлена динамика снижения стоимости фотомодулей за последние 30 лет [8], а на рис. 6 рост КПД кремниевых СЭ за тот же период [9].

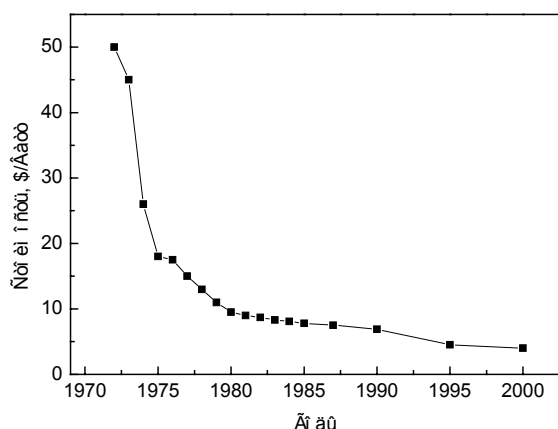


Рис. 5.

**Рис. 5. Динамика снижения стоимости кремниевых СЭ.**

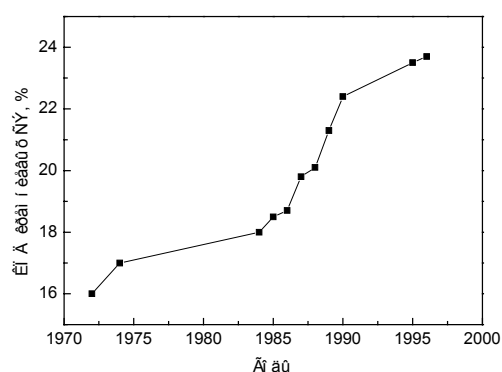


Рис. 6.

**Рис. 6. Динамика увеличения КПД кремниевых СЭ.**

Слагаемые стоимости и объем мирового производства кремниевых модулей и солнечных электростанций, а также перспективы их изменения представлены таблице 1 [9]. Как следует из таблицы, снижение стоимости электроэнергии, полученной с помощью СЭ, может происходить, в первую очередь, за счет снижения стоимости исходного сырья (кремниевых пластин) и удешевления технологических процессов. Немаловажным фактором является и повышение эффективности фотопреобразования. В этой связи встает вопрос, какой материал предпочтительнее для СЭ? В настоящее время несомненным лидером здесь является монокристаллический кремний. В значительной степени это связано с тем, что именно этот материал является основным материалом всей твердотельной электроники, его производство очень хорошо отлажено, нет проблем с сырьем. Однако такой материал достаточно дорог (~\$100 за килограмм). Вместе с тем, требования, предъявляемые к качеству кремния для изделий микроэлектроники, являются завышенными для кремния, предназначенного для изготовления СЭ. Поэтому зачастую СЭ

изготавливают из отходов и брака микроэлектронного производства. Однако такой подход не является продуктивным, поскольку масштабы необходимого исходного материала для микроэлектроники и солнечной энергетики совершенно несопоставимы. Одна пластина кремния диаметром 100 мм может быть использована для изготовления СЭ, имеющего мощность ~1 Вт. В то же время на такой пластине могут быть сформированы десятки, сотни или даже тысячи микросхем или дискретных полупроводниковых приборов. Выход из такой ситуации – производство специальных марок кремния для СЭ, изготавливаемых по упрощенной технологии.

Еще более радикальным шагом является переход от монокристаллического к поликристаллическому кремнию для производства СЭ. При этом в технологической цепочке получения кристалла кремния удаляется последнее звено – выращивание монокристалла. Это достаточно сложная и, главное, энергоемкая операция. Несомненно, эффективность фотопреобразования СЭ, изготовленного из поликристаллического кремния, несколько ниже, чем из монокристаллического, тем не менее стоимость 1 Ватта установленной мощности ниже, чем для монокристаллического. Именно с переходом от моно к поликремнию связано снижение стоимости пластин кремния в ближайшем будущем, представленное в таблице 1.

Следующим шагом удешевления кремниевых СЭ является переход на аморфный кремний (долгосрочные перспективы на табл. 1). Такие элементы в настоящее время имеют невысокий КПД, порядка 5-7%, однако эта технология имеет ряд преимуществ. Во-первых, технологический цикл создания СЭ совмещен с циклом создания пленки аморфного кремния, что упрощает и удешевляет технологию. Во-вторых, поскольку пленка аморфного кремния напыляется на подложку (стекло, металлическая фольга и др.) толщина пленки делается порядка 2-3 микрон, т.е. ровно столько, сколько нужно, чтобы поглотить все падающее солнечное излучение. Вместе с тем толщина пластин моно или поликремния составляет величину 350-400 микрон, т.к. более тонкие пластины очень хрупки.

Таблица 1

Слагаемые стоимости	Стоимость производства, \$/Вт США	Мировой годовой объем производства
<b>Современный уровень</b>		
Производство кремниевых пластин	1,5 – 1,7	70 МВт
Производство солнечных элементов	1,3 – 1,5	
Изготовление солнечных модулей	1,5 - 1,7	
<i>Итого</i>	<b>4,3 – 4,9</b>	
<b>Ближайшая задача</b>		
Производство кремниевых пластин	0,8 – 1,0	5 ГВт
Производство солнечных элементов	0,4 – 0,5	
Изготовление солнечных модулей	0,6 – 0,7	
<i>Итого</i>	<b>2,0</b>	
<b>Долгосрочная перспектива</b>		
Производство кремниевых пластин	0,25 – 0,3	50 ГВт
Производство солнечных элементов	0,3	
Изготовление солнечных модулей	0,4 – 0,45	
<b>Итого</b>	<b>1,0</b>	

Одним из широко разрабатываемых направлений создания СЭ с высокими КПД является создание разного рода структур (барьеров Шоттки, гетеропереходов, СЭ со структурированной поверхностью и др.) на основе различных полупроводниковых соединений типа CdS-Cu<sub>2</sub>S, CuInSe<sub>2</sub>-(CdZn)S, CdTe, CuInS<sub>2</sub>, CuInTe<sub>2</sub>, GaAs и др., многие из которых обладают наиболее высокими предельными теоретическими КПД. Однако наиболее общим недостатком такого рода СЭ является их дороговизна (вследствие сложной технологии получения материала и создания СЭ) и нестабильность самих материалов (деградация свойств во времени). Вместе с тем существует несомненный прогресс в таких разработках и можно надеяться что через 10-15 лет эти материалы составят достойную конкуренцию монополии кремния в создании СЭ.

## **Ситуация в области использования энергии солнца с помощью солнечных элементов в РБ сегодня**

В нашей стране рядом предприятий микроэлектронного производства неоднократно делались попытки наладить производство СЭ из монокристаллического кремния. К числу таких предприятий относятся ПО «Интеграл» (Минск), НПО «Измеритель» (Новополоцк) и др. В продаже появлялись солнечные батареи небольшой мощности, изготовленные этими предприятиями. Однако речь шла лишь о мелкосерийном производстве, либо вовсе о пробных партиях. На наш взгляд тому есть несколько объяснений.

1. Высокая стоимость изделий. При изготовлении СЭ были использованы традиционные технологии микроэлектроники (ионная имплантация, вакуумное напыление контактов, термокомпрессия токоъемов и др.), а также кремниевые пластины микроэлектронного качества.

2. Не была проведена соответствующая маркетинговая проработка рынка и не осуществлялась никакая рекламная работа. Техническое описание ряда изделий содержало весьма скудную информацию о возможности их применения. Например мощность некоторых батарей была явно недостаточна (при отсутствии прямого солнечного излучения) для питания таких р/п как «Океан», но избыточна для питания р/п типа «Селена» и т.п.

Гораздо более успешно работает ООО «Электрет». На небольшом предприятии в г. Малорита налажено производство СЭ на монокристаллическом кремнии с применением современных технологий (трафаретная печать, низкотемпературная диффузия и др.). Изготавливаемые элементы и батареи используются в ряде изделий, выпускаемых этим же предприятием (например, «электронный пастух»). Ряд элементов идет на экспорт.

В РБ ведется научная работа в области солнечной энергетики. Широко известны работы НИИ электроники НАН Беларуси по созданию тонкопленочных СЭ на базе сложных химических соединений. Ученые Белгосуниверситета принимали участие в Российско-Белорусской программе «Космос-БР» по созданию нового поколения солнечных батарей. Имеются и другие примеры.

## **Некоторые проблемы крупномасштабного внедрения солнечной энергетики в Республике Беларусь.**

По нашему мнению развертывание крупномасштабного производства СЭ в Республике Беларусь вполне возможно. Для этого необходимо (помимо инвестиций) решить следующие проблемы

1. Переориентация микроэлектронных производств РБ для выпуска СЭ из монокристаллического и поликристаллического кремния. Создание (если будет признано необходимым) новых производств СЭ на базе аморфного кремния или других химических соединений.

2. Отсутствие в республике производства кремния полупроводникового качества. Отсутствие производства моносилана для выращивания аморфного кремния. В случае развертывания собственных производств помимо экономических необходимо решать и экологические проблемы. Вместе с тем, следует отметить, что в РБ с положительным результатом проведены поисковые исследования по получению поликристаллического кремния из отходов Гомельского химического завода. Использование этой технологии позволило бы избежать весьма энергоемкого процесса первичного получения кремния-сырца из кварцевого песка в электродуговых печах.
3. Внедрение солнечных электростанций в энергосистему РБ (преодоление цикличности выработки энергии путем создания аккумулирующих устройств). Для автономных потребителей – создание и внедрений экономичных источников света, бытовой и промышленной техники, энергосберегающих технологий.
4. Маркетинговая проработка сфер использования и рынков сбыта солнечноэнергетических модулей.
5. Создание и проведение в жизнь образовательных и информационных программ по проблемам экономного энергопотребления и энергосбережения.

## **Заключение**

Вопрос широкого использования возобновляемых источников энергии в Беларуси рано или поздно придется решать. И дело даже не в том, что наша республика не имеет значительных промышленных запасов нефти, газа или другого ископаемого топлива. Мировые тенденции использования альтернативных источников энергии таковы, что первыми их осваивать начинают не страны, обделенные природными ресурсами, а страны с развитой научной и технической базой, страны, где вопросы экологии находятся не на последнем месте. В ряде промышленно развитых государств (США, Германия, Англия, Италия, Япония) приняты государственные программы поддержки строительства и эксплуатации электростанций, использующих возобновляемые источники энергии, широко практикуется система ценовых и налоговых льгот для компаний, производящих такую энергию.

Отметим еще следующий фактор. Солнечная энергия имеет малую пространственную плотность. Для трансформации ее в электрическую необходимо использование достаточно больших площадей. Беларусь является государством с относительно невысокой плотностью населения, кроме того, имеется значительная область Чернобыльской зоны, временно непригодная для земледелия или сосредоточенного проживания людей. Эта зона вполне может использоваться для площадок строительства солнечных электростанций.

Республика Беларусь имеет высокий научный потенциал и развитую микроэлектронную промышленность, которая во времена СССР была в значительной степени ориентирована на ВПК, а в настоящее время имеет определенные трудности с выбором номенклатуры производства и легко может начать выпуск СЭ в любых количествах (при наличии достаточного количества сырья).

Другим, не менее важным аспектом солнечной энергетики, может стать промышленное производство солнечных элементов на экспорт. Ряд стран экваториального пояса (Индия, страны Юго-Восточной Азии и Африки, Китай) проявляют высокий интерес к вопросам широкомасштабных закупок СЭ. При достаточной маркетинговой проработке это вполне может стать высокорентабельным производством.

В заключение следует отметить, что назрела необходимость организации подготовки специалистов всех уровней в области альтернативной энергетики, включая солнечную.

## 3.2. Проблемы использования альтернативных источников энергии Республике Беларусь

Проблемы использование (а точнее, не использования) альтернативных источников энергии в Республике Беларусь имеют исторические и ментальные корни, которые можно отразить фразой «за свет и тепло отвечаю не я, а государство».

Причин этому много - тарифы, неинформированность, непонимание ситуации и тенденций устойчивого развития и др. Одна из причин в том, что белорусские организации и ученые, работающие в области создания например, ветроэнергетических установок (ВЭУ) в течении нескольких десятилетий (еще при существовании БССР) так и не создали ничего работоспособного (в отличии от тракторостроителей, например), не говоря уже о конкурентоспособности белорусской продукции на мировом рынке ВЭУ, который сейчас очень динамично развивается. Проезжая мимо Заславля – демонстрационной зоны энергоэффективности – в разные годы, да и сегодня, можно было наблюдать некие экзотические устройства с пропеллерами и роторами разных типов, повторяющие западные разработки 40-50 летней давности. Они любопытны, но большинство из них показало свою бесперспективность много-много лет назад...

Еще одна причина – «официальные данные» о ветроэнергетическом и солнечном потенциале Беларуси не вселяют оптимизм – например, средняя скорость ветра определена в 3.6 м/с, а официальное количество полных солнечных дней в году – около 30, что гораздо меньше, чем в Сочи. Однако, в реальности все не так уж и плохо – наши 3-х летние исследования показали, что есть регионы, где скорость ветра гораздо выше и при правильно выбранной площадке обеспечивает достаточно высокую экономическую эффективность ветроэнергетической установки, учитывая Постановление СМ РБ №400 от 17.04.97 о двойном тарифе за поставляемую экологически чистую энергию (правда, в настоящее время реальная плата за альтернативную энергию практически сравнялась с обычным тарифом для производства).

Две реально работающие в Беларуси ВЭУ (фото3-4) устанавливались и эксплуатируются в Беларуси силами неправительственных организаций (белорусско-немецкая благотворительная общественная организация «ЭкоДом» при участии немецкой НПО «Дома вместо Чернобыля» при научном сопровождении Белорусского отделения Международной Академии Экологии - БО МАЭ), без софинансирования со стороны государства, встречая, тем не менее, сопротивление как со стороны отдельных чиновников и ведомств, так и местных «экспертов» в области «экономики и ветроэнергетики» (см. статью «Ветроэнергетическая установка в Занарочи: эффект без эффекта» в газете «Строительство и недвижимость», от 14.03.2002).

Первых понять можно – тут «основные генерирующие мощности» не загружены, денег хронически не хватает, а сети заставляют покупать «экологическую» электроэнергию по двойному тарифу... Хотя на практике тариф уже давно не двойной.

Вторых - «экспертов» - понять сложнее. Главная мысль статьи заключается в следующем: место установки выбрано неправильно (сопровождается ошибочной схемой размещения ВЭУ, и данными, мягко говоря, не соответствующими действительности), и никогда не окупится, - но! – разработан атлас площадок под ветроэнергетические установки и банк данных по ветроэнергетическому потенциалу (непонятно откуда взявшийся, скорее всего речь идет о данных Госкомгидромета интерпретированных на основе результатов трехлетних измерений БО МАЭ в Занарочи, фото 5), а посему – «даешь лицензирование!», или на худой конец, обязательное «экспертное сопровождение» новых проектов ВЭУ!

Кто будет экспертом? Неужели не ясно? Да-да, Вы угадали...

И как только наши предки обходились без «экспертов» и лицензий, создавая прекрасные для своего времени устройства альтернативной энергетики во всех районах Беларуси!

Еще одна "больная" тема для Беларуси - развитие солнечной энергетики для отопления и горячего водоснабжения. Тут мы сильно отстаем как от "южных" соседей - Украины так и от "северных" - Литвы, Латвии, Эстонии, Швеции. Попытки наладить серийное производство пользующихся спросом у «экологически озабоченных» граждан солнечных коллекторов успехом у ряда предприятий пока не увенчались - в основном, из-за высокой удельной стоимости и, следовательно, больших сроков окупаемости, т.к. специальных программ поддержки для домохозяйств, внедряющих альтернативное энергообеспечение в Беларуси нет.



Сезонный солнечный водогрейный коллектор БО МАЭ стоимостью 25 у.е. за кв.метр



Фотоэлектрическая коллектор Simens мощностью 1 кВт имеет площадь 9 кв.м, 13% КПД и умопомрачительную по белорусским меркам стоимость. д. Дружная, около гп Занарочь.

Вместе с тем, БО МАЭ разработало солнечный водогрейный коллектор стоимостью около 25\$ за кв. метр и подготовило их серийный выпуск совместно с фирмой "Дровлянин", однако заказов на большие объемы так и не последовало – экономически их внедрение не стимулируется, а ментальность населения в отношении энергосбережения оставляет желать лучшего (это поправимо в скором времени – новыми ценами на энергию и коммунальными тарифами).

Подготовка и образование специалистов в Беларуси ведется практически без учета потенциала и привязки программ к проблематике альтернативной энергетики. Это приводит к тому, что практически невозможно найти примеры использования принципов пассивной солнечной архитектуры в жилищном и промышленном строительстве, солнечного нагрева воды или отопления в коттеджах, не говоря о многоэтажной застройке. 8 лет ведутся разговоры о строительстве энергопассивных домов (в Германии за это время сменилось уже 2 поколения этой типологии жилья) – но до практической реализации дело так и не дошло, встречая сопротивление на уровне местных властей, которые руководствуются логикой типа: «если все будут отключаться от теплосетей, то кто будет за них платить?».

### **3.3. Успешный опыт использования альтернативных источников энергии в Республике Беларусь**

Две реально работающие в Беларуси ВЭУ (фото3-4) устанавливались и эксплуатируются в Беларуси силами неправительственных организаций (белорусско-немецкая благотворительная общественная организация «ЭкоДом» при участии немецкой НПО «Дома вместо Чернобыля» при научном сопровождении Белорусского отделения Международной Академии Экологии - БО МАЭ), без софинансирования со стороны государства.

Их эксплуатация дала в 2003 году более 1.3 млн кВтчас электроэнергии в национальную сеть, но главное значение этого проекта – бесценный опыт эксплуатации ВЭУ западного производства в условиях электросетей Беларуси.

Частная фирма «Электрет» освоила производство фотоэлектрических батарей, солнечных электропастухов, солнечных панелей для нагрева воды и многое другое.

БО МАЭ разработало солнечный водогрейный коллектор стоимостью около 25\$ за кв. метр и подготовило их серийный выпуск совместно с фирмой "Дровлянин". Модули (см. фото 7) площадью 2 кв.метра окупаются быстро, т.к. 2 таких модуля экономят 500 кг у.т. за сезон и покрывают потребности в горячей воде семьи из 4-5 человек с апреля по сентябрь включительно. Экспериментальные конструкции были размещены на соломенных экодомах в д.Дружная и д.Куритичи. Если создать адекватные системы сезонного аккумулирования солнечной энергии под домом, в теплоизолированном фундаменте (первые эксперименты были проведены в 1997г в д.Дружная), и дополнить их системой рекуперации тепла при вентиляции, и надежной шубой, в 4 раза перекрывающей минимальные требования современных СНИПов по теплоизоляции, то можно кардинально решить проблему отопления малоэтажной застройки в природно-климатических условиях Беларуси. Первые экспериментальные соломенные экодома, реализующие эти принципы и концепцию БО МАЭ (правда, без сезонного аккумулирования тепла), уже появились в Минске. Стоят они дешевле кирпичных или газосиликатных, и существенно превосходят их по потребительским качествам, прежде всего - энергоэффективности и экологичности, т.к. при их возведении использовались преимущественно природные возобновляемые материалы. Большого интереса у тех, кто должен официально заниматься проблемами снижения стоимости и энергосбережения в малоэтажной застройке в Беларуси они не вызывают, зато вызывают большой интерес в Европе и России, других странах СНГ. Это дает надежду, что Беларусь не останется в стороне от решения проблемы перехода к устойчивому развитию не только в теории, но и на практике, и внесет свой вклад в этот процесс на международном уровне.