

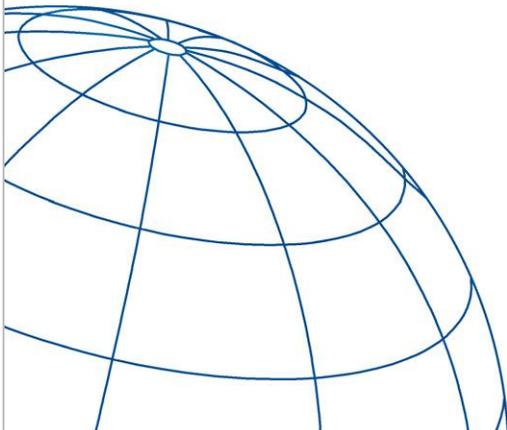
# ГРУППА **ФИХТНЕР**

Инжиниринг и консалтинг - во всем мире

## Технические и коммерческие аспекты, относящиеся ко внедрению солнечных электростанций – часть 1

Феликс Гудат

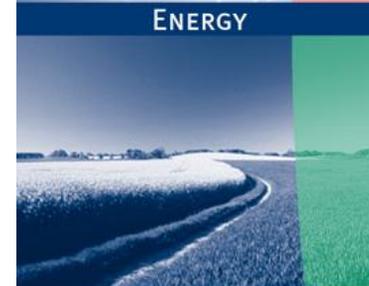
Украина, март 2012 г.



CONSULTING & IT



ENERGY



ENVIRONMENT



WATER & INFRASTRUCTURE

# Содержание

---

Введение

Рынки и перспективы фотоэлектрической энергетики

Обзор технологий фотоэлектрической энергетики

Прогнозирование выработки

Качество и дефекты

Генеральный подрядный договор и договор на эксплуатацию и техническое обслуживание

## Группа Фихтнер

- Учреждена в 1922 г. и с тех пор все время находится в семейной собственности
- Наиболее крупное независимое предприятие по инжинирингу и консалтингу в Германии
- Более, чем 1800 служащих во всем мире – 450 в нашем главном офисе
- Опыт реализации проектов в 160 странах и представительства более, чем в 50 странах (30 филиалов, 70 отделений и проектных офисов)
- Общий оборот в 2010 г. составил 201 млн. евро
- Объем капитальных инвестиций сейчас находится в процессе планирования в главном офисе: 87 млрд. евро, из которых около 21 млрд. евро - в возобновляемые источники энергии



# Сферы деятельности группы Фихтнер

## Энергетика

Энергетическое хозяйство • электростанции • возобновляемые источники энергии • центральное отопление • передача и распределение энергии • установка, присоединение и технология энергосистем • нефтегазовая отрасль • управление энергопотреблением • электрическая подвижность • управление портфелем закупок энергии

## Окружающая среда

Мероприятия по охране окружающей среды • технология охраны окружающей среды • информационные системы в области охраны окружающей среды • управление сбором и утилизацией отходов • охрана грунтов и вод • борьба с загрязнением воздушной среды • устойчивое развитие • торговля квотами на выбросы в атмосферу

## Водное хозяйство и инфраструктура

Общие водохозяйственные мероприятия • питьевое водоснабжение и канализация • поверхностные и инженерные сооружения • транспорт, перевозки и гражданское строительство • горнодобывающее и шахтное хозяйство • концепции интегрированной инфраструктуры

## Консалтинг и информационные технологии

Исследования • организационный и стратегический консалтинг • вопросы приватизации • управление проектами • финансовое моделирование • инфраструктурное управление • консалтинг и услуги в области информационных технологий • географические решения

# Спектр инжиниринговых и консалтинговых услуг

## Анализ и концептуальное проектирование

Технико-экономические обоснования • исследования по воздействию на окружающую среду и выбору площадок • экономические и технические анализы • генеральные планы • концепции интегрированной инфраструктуры • концепции станций • эскизное планирование и концептуальный инжиниринг • концепции управления операциями • концепции информационных технологий

## Инжиниринг и заключение подрядных договоров

Общее планирование • основной инжиниринг • разрешительный инжиниринг • детальный инжиниринг • станционные и функциональные спецификации • проведение тендеров • оценка предложений • рекомендации по заключению подрядных договоров • переговоры о заключении договора • формулирование условий договора

## Внедрение

Проверка чертежей • заводские приемки • управление и надзор на месте с участием специалистов • координирование ввода в эксплуатацию • окончательная приемка • документация • пробная эксплуатация и гарантийная поддержка • координирование взаимодействий • руководство проектами • общий надзор за проектами • координирование вопросов здравоохранения и безопасности • обучение персонала

## Эксплуатация

Оптимизация процессов • управление качеством, рисками и мероприятиями по охране окружающей среды • составление графиков технического обслуживания • оптимизация размещения • информационные системы в области эксплуатации, управления и охраны окружающей среды

## Консалтинг по вопросам бизнеса

Анализ рынков • исследования тарифов • разработка проектов • стратегия и организация • финансовое моделирование • финансирование проектов • управление проектами • инжиниринг заказчика • экспертное заключение • слияния и поглощения • консалтинг по вопросам информационных технологий • отраслевые решения в области информационных технологий • управление портфелем закупок энергии

# Содержание

---

Введение

Рынки и перспективы фотоэлектрической энергетики

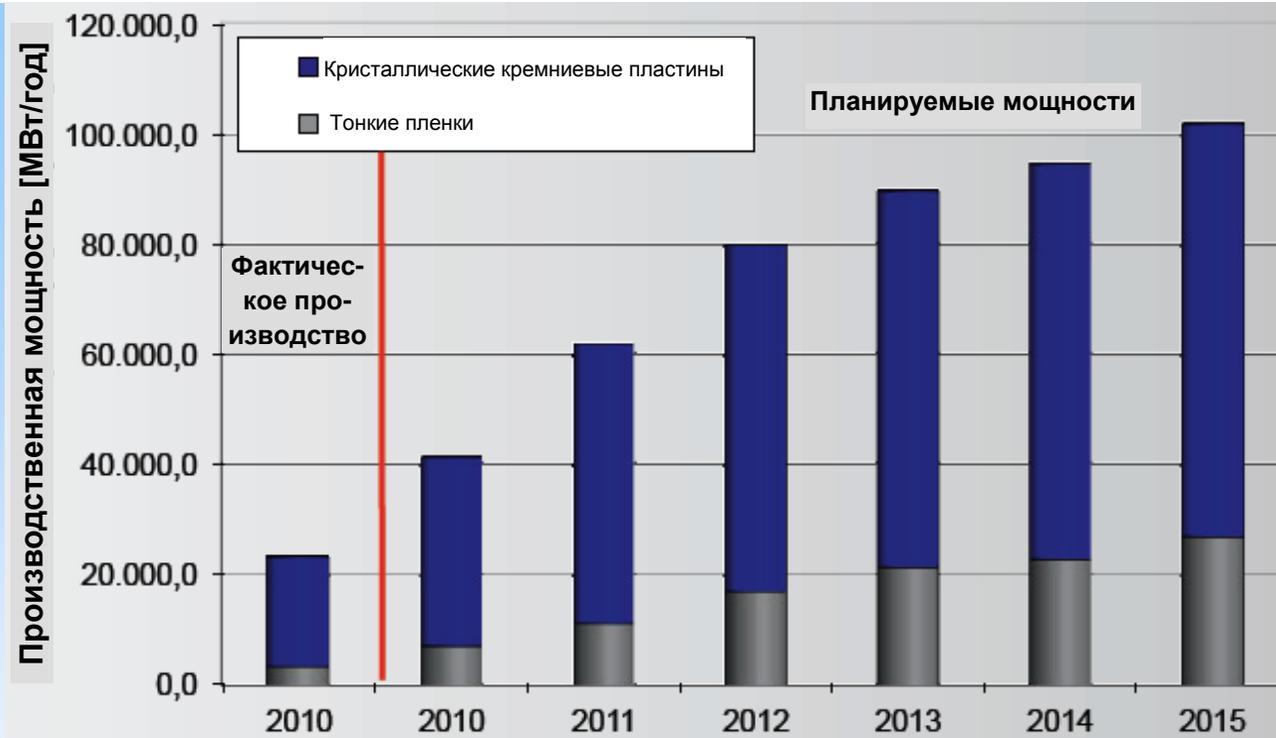
Обзор технологий фотоэлектрической энергетики

Прогнозирование выработки

Качество и дефекты

Генеральный подрядный договор и договор на эксплуатацию и техническое обслуживание

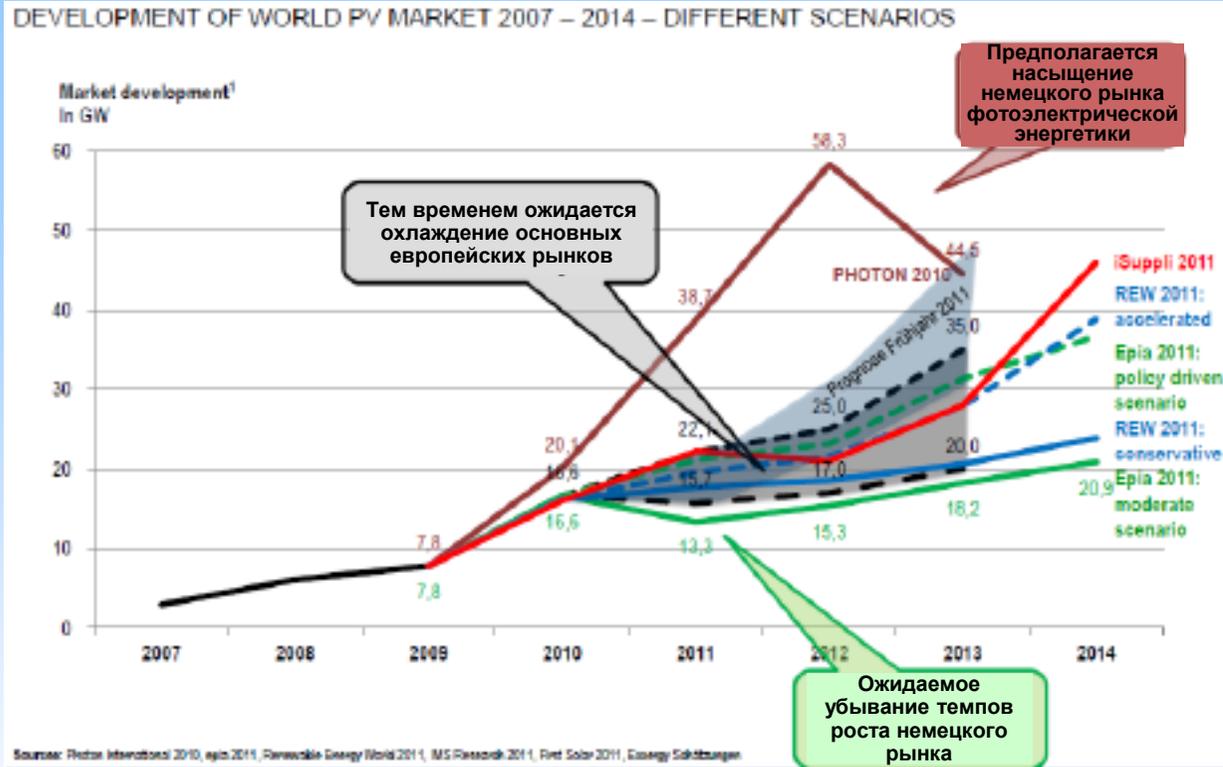
# Фотоэлектрическая энергетика – рост рынка



Источник: Отчет JRC „PV Status Report 2011“

- Солнечные элементы на основе кристаллических кремниевых пластин являются и в дальнейшем будут оставаться основной технологией.
- Если все планы по расширению производственных мощностей будут реализованы вовремя, то доля производства тонкопленочных схем в 2015 г. составит 26% при общей мощности 102 ГВт.
- Только треть из более, чем 120 компаний, объявивших о планах по производству тонкопленочных схем, производили в 2010 г. тонкопленочные модули мощностью 10 МВт или более.

# Развитие мирового рынка фотоэлектрической энергетики



Тем временем ожидается охлаждение основных европейских рынков

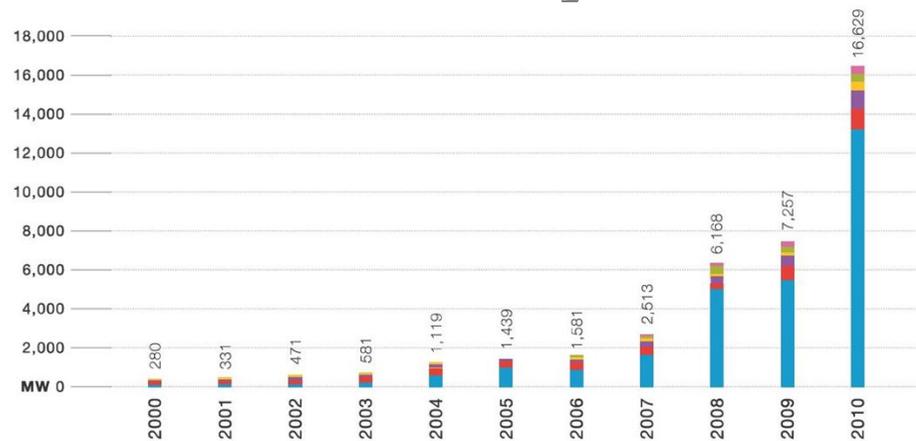
Предполагается насыщение немецкого рынка фотоэлектрической энергетики

Ожидаемое убывание темпов роста немецкого рынка

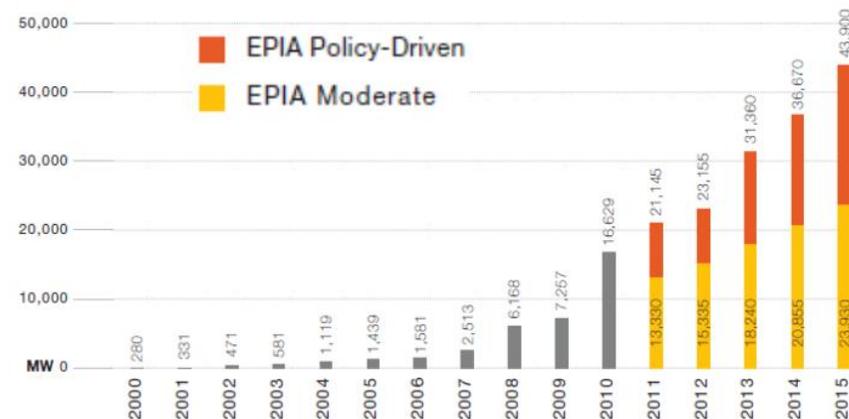
Источник: 21 PVSEC, Фукуока, Япония, „Обзор, современное состояние и предстоящие вызовы мирового рынка фотоэлектрической энергетики“ Томас Ц. Сауэр и др.

- Прогнозы сценариев развития рынка всегда были противоречивы.

# Развитие новых установок



China	0	11	15	10	9	4	12	20	45	228	520
APEC	5	5	7	8	10	13	33	59	300	258	473
Rest of the world	88	56	80	77	29	10	118	63	115	130	417
North America	23	31	46	65	92	117	149	212	349	539	983
Japan	112	135	185	223	272	290	287	210	230	483	990
EU	52	94	139	199	707	1,005	983	1,950	5,130	5,619	13,246
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>331</b>	<b>471</b>	<b>581</b>	<b>1,119</b>	<b>1,439</b>	<b>1,581</b>	<b>2,513</b>	<b>6,168</b>	<b>7,257</b>	<b>16,629</b>



Источник: ЕPIA

- Производители фотоэлектрических модулей претерпевают испытывают конкуренцию и имеют невысокую рентабельность. В то же время, установки фотоэлектрических систем проявляют огромные темпы роста.
- Приблизительно 17 ГВт было установлено в 2010 г., в т.ч.:
  - 13 ГВт в странах ЕС
    - Германия (7,4 ГВт)
    - Италия (2,3 ГВт)
    - Чехия (1,5 ГВт)
  - Приблизительно 4 ГВт в остальных странах мира

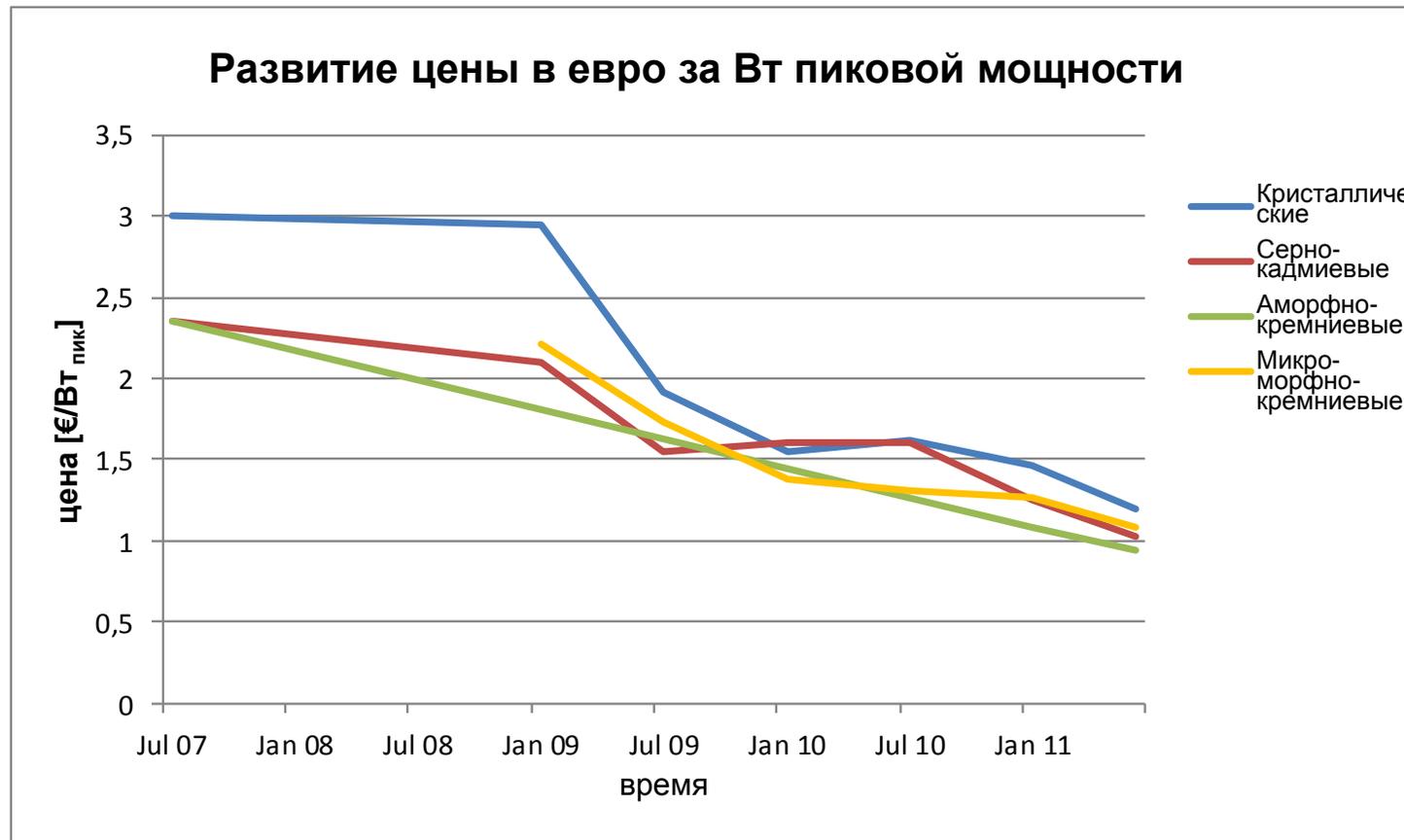
# Развитие установленной мощности

- Во всем мире установлено приблизительно 40 ГВт фотоэлектрической мощности постоянного тока, в т.ч.:
  - ЕС 30 ГВт
  - Япония 3,6 ГВт
  - США 2,5 ГВт
  - Китай 1 ГВт (ожидается в 2011 г.), нарастающим темпом
- Это соответствует выработке 50 ТВт·ч электрической энергии
- Новые мощности, установленные в 2010 г., соответствуют почти 90% общей установленной мощности по состоянию на 2009 г.

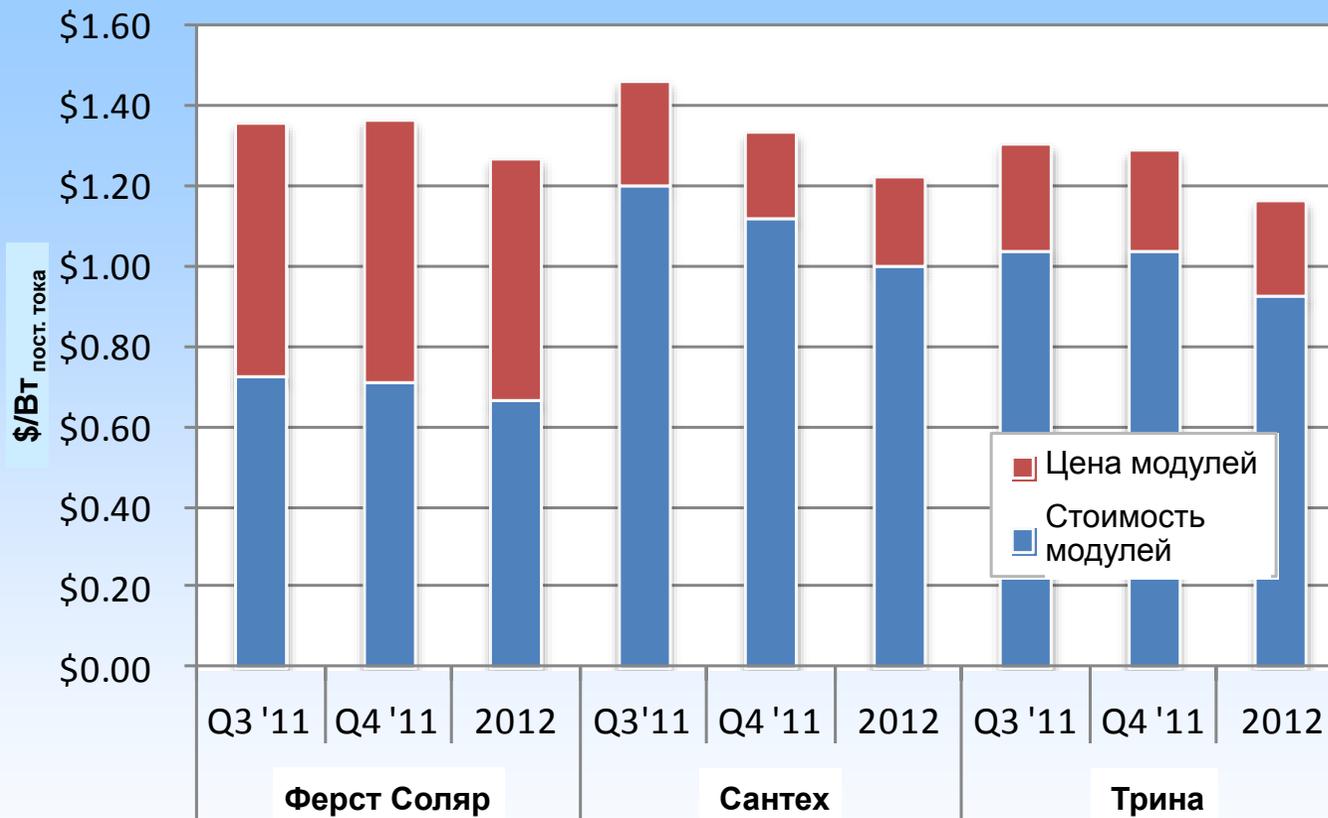


## Основной движитель рынка: снижение затрат

- Снижение цены на кристаллические модули после 2009 г. более, чем на 50%
- Общее снижение цены от 10% до 20% в год, в зависимости от страны изготовителя и типа модуля
- Наибольшее падение цены у китайских изготовителей



# Рынок фотоэлектрической энергетики – расчетная будущая средняя цена продажи (СЦП) и стоимость модулей

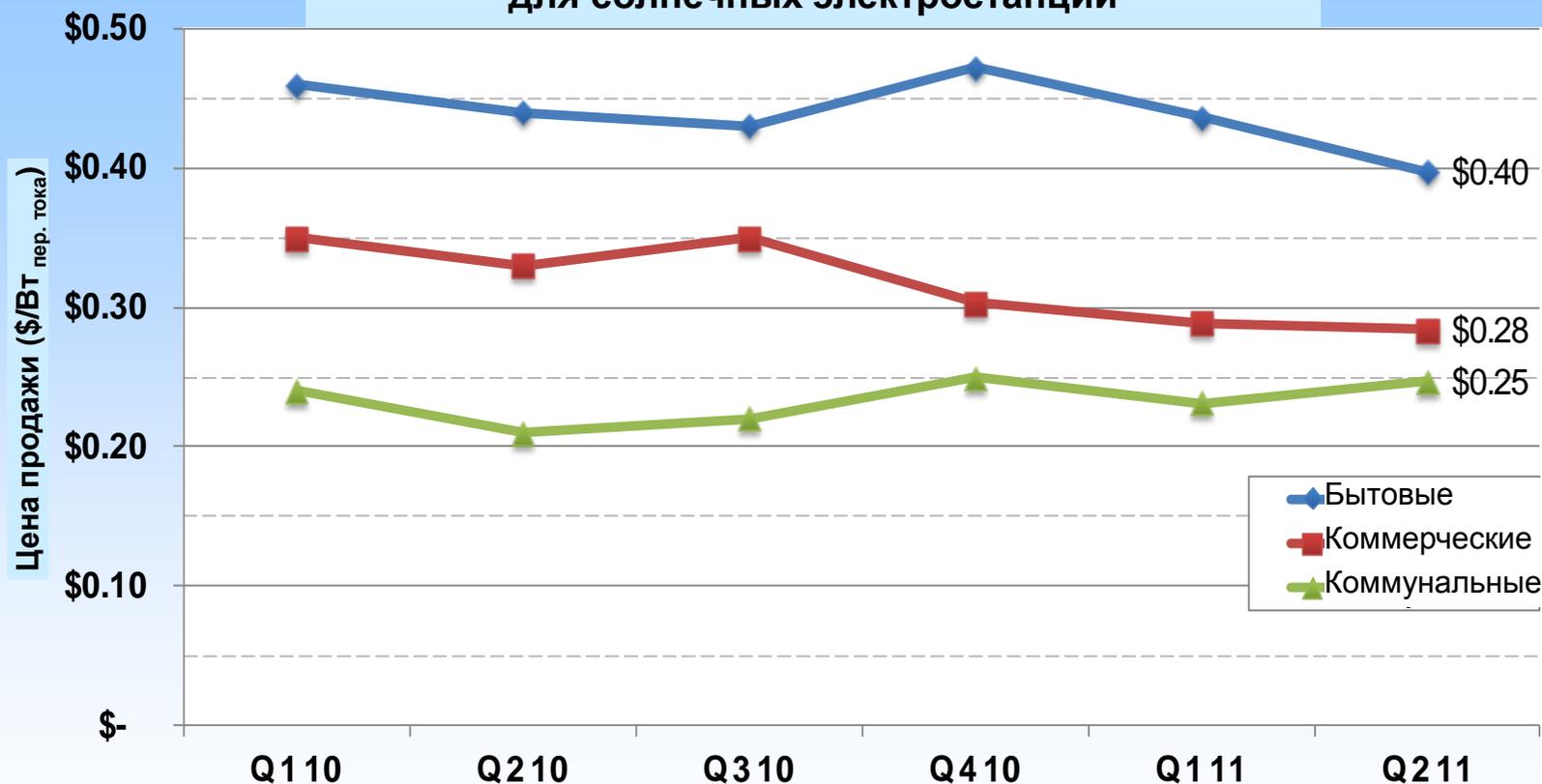


- Аналитики ожидают дальнейшего снижения СЦП.
- Ценовые ожидания уменьшились от 2% до 15%.

Источник: SunShot, Cowen (5.05.11, 10.08.11, 19.08.11, 23.08.11), Goldman Sachs (31.01.11, 7.07.11), Piper Jaffrey (9.05.11, 12.09.11), Stifel Nicolaus (4.05.11, 26.05.11, 5.08.11, 18.08.11, 23.08.11)

# Рынок фотоэлектрической энергетики – расчетное ценообразование для инверторов

Точки ценообразования по стоимости инвертора для солнечных электростанций



Источник: SunShot, Photon International: (июль 2011, июль 2011), Energy Trend, <http://pv.energytrend.com>, Отчет GTM/SEIA за I кв. 2011, Stifel Nicolaus (10.08.2011), карта PowerOne SEC

- Цены на инверторы намного стабильнее, чем цены на рынке фотоэлектрических модулей

# Рынок фотоэлектрической энергетики – первая десятка поставщиков модулей

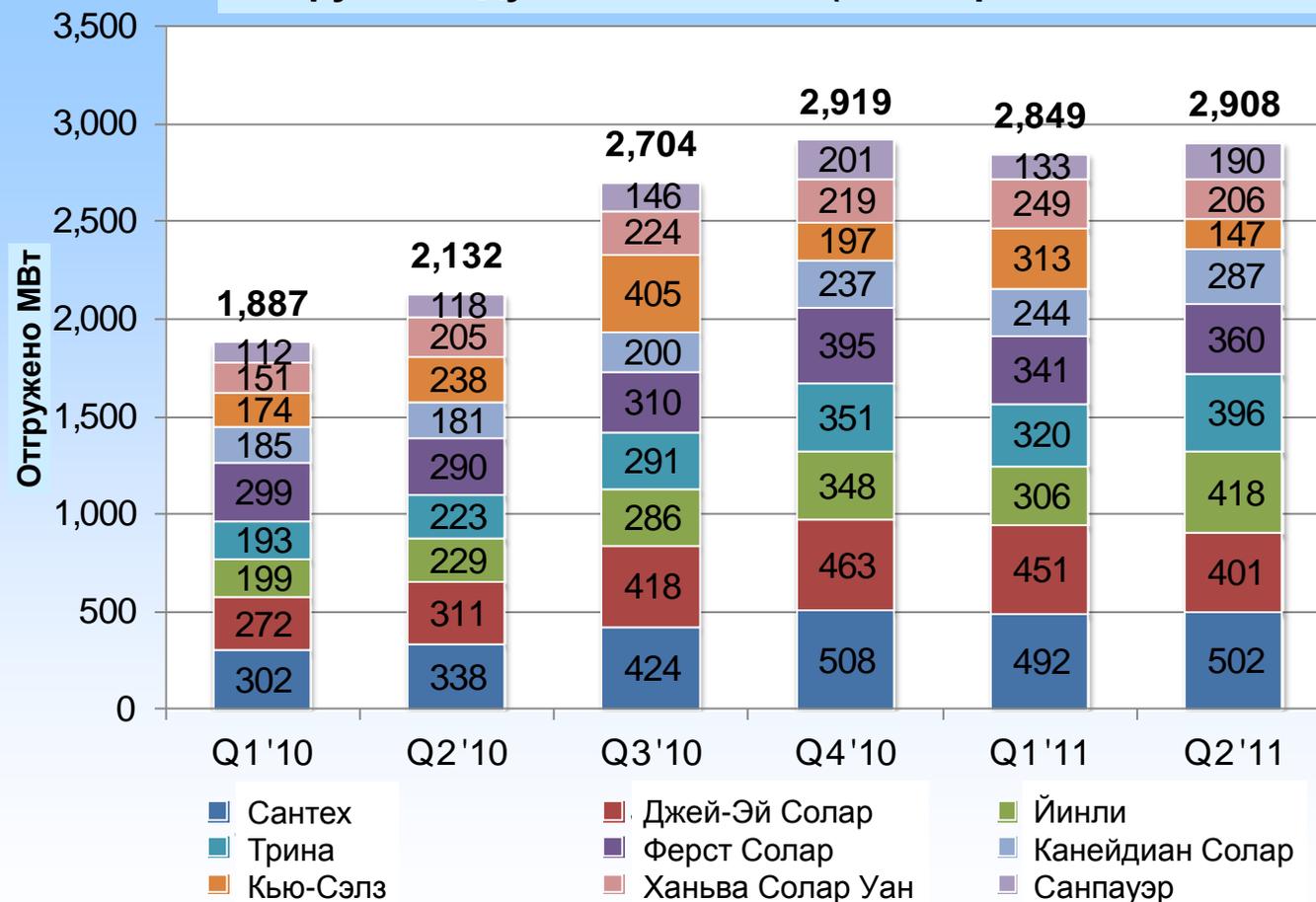
Первые 15 поставщиков фотоэлектрических модулей в 2011 г.	Мощность (МВт)	Страна
ЛДК Солар	3000	Китай
Сантех	2400	Китай
Ферст Солар	2300	США
Канейдиан Солар	2000	Китай
Трина	1900	Китай
Йинли	1700	Китай
Джинтех	1500	Тайвань
Ханьва Солар Уан	1500	Китай
Соляр Уорлд	1400	Германия
Нео Соляр Пауэр	1300	Тайвань
Джинко Солар	1200	Китай
Санпауэр	1000	США
Шарп (кристаллический / аморфный кремний)	930 / 270	Япония
Киоцера	920	Япония
Джей-Эй Солар	800	Китай

Источники: Презентации и финансовые отчеты компаний.

Рейтинг поставщиков фотоэлектрических модулей		
Отгрузки МВт за 2010 г. (исключая ИКО)		
Название компании	09-10 изменение	
1 Сантех	+1	
2 Ферст Солар	-1	
3 Шарп	-	
4 Йинли	-	
5 Трина Солар	-	
6 Канейдиан Солар	+2	
7 Киоцера	-	
8 Санпауэр	-2	
9 Ханьва Солар Уан	+2	
10 Соляр Уорлд	-	
www.PVMarketResearch.com		
Источник: IMS Research		Apr-11

- Большинство из первых 15 изготовителей модулей составляют китайские компании

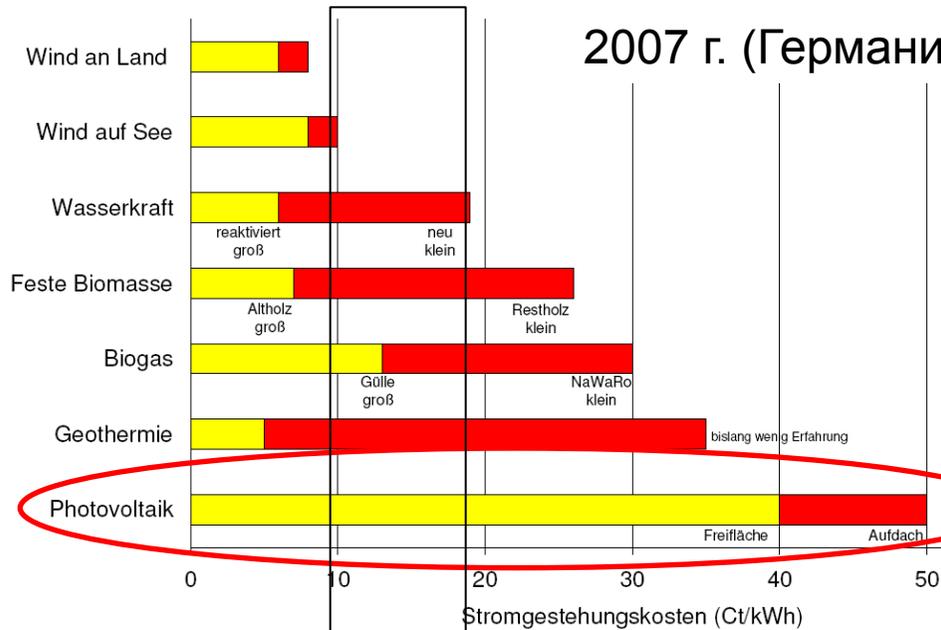
# Рынок фотоэлектрической энергетики – отгрузки 9 из первых 15 изготовителей

**Отгрузки модулей/элементов (9 из первых 15 изготовителей)**


- В отгрузках модулей после 4-го квартала 2010 г. наблюдается застой.
- Китайские компании увеличивают объем отгрузок, тогда как Ферст Солар, Кью-Сэлз претерпевают дальнейший спад.

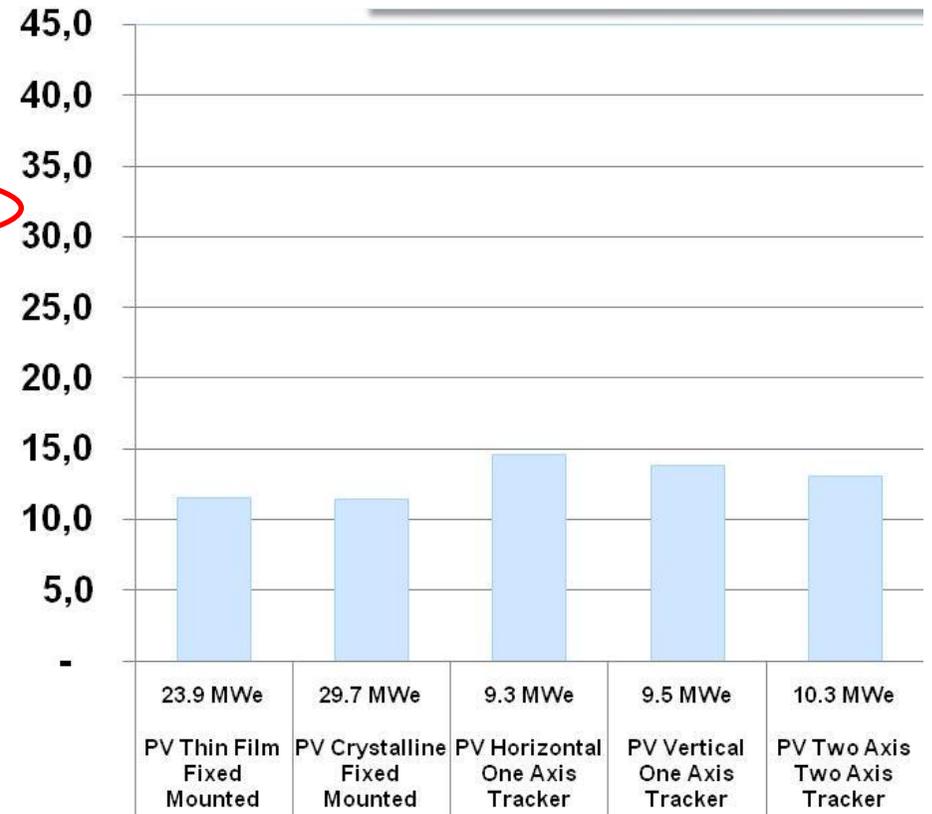
# Возобновляемые источники энергии: затраты в 2007 и 2011 гг.

2007 г. (Германия)



Источник: Staiß 2007

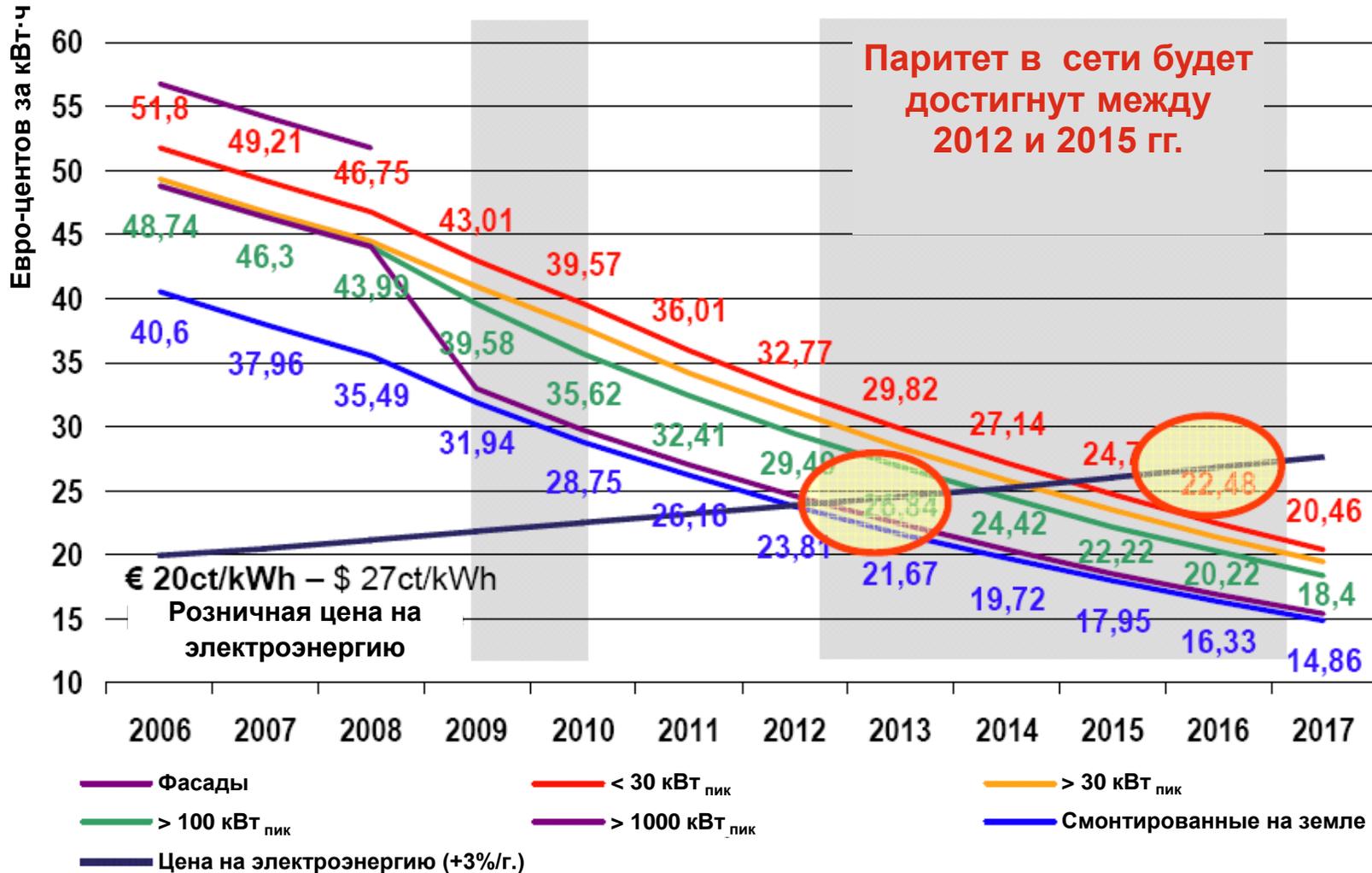
2011 г. (Южная Европа)



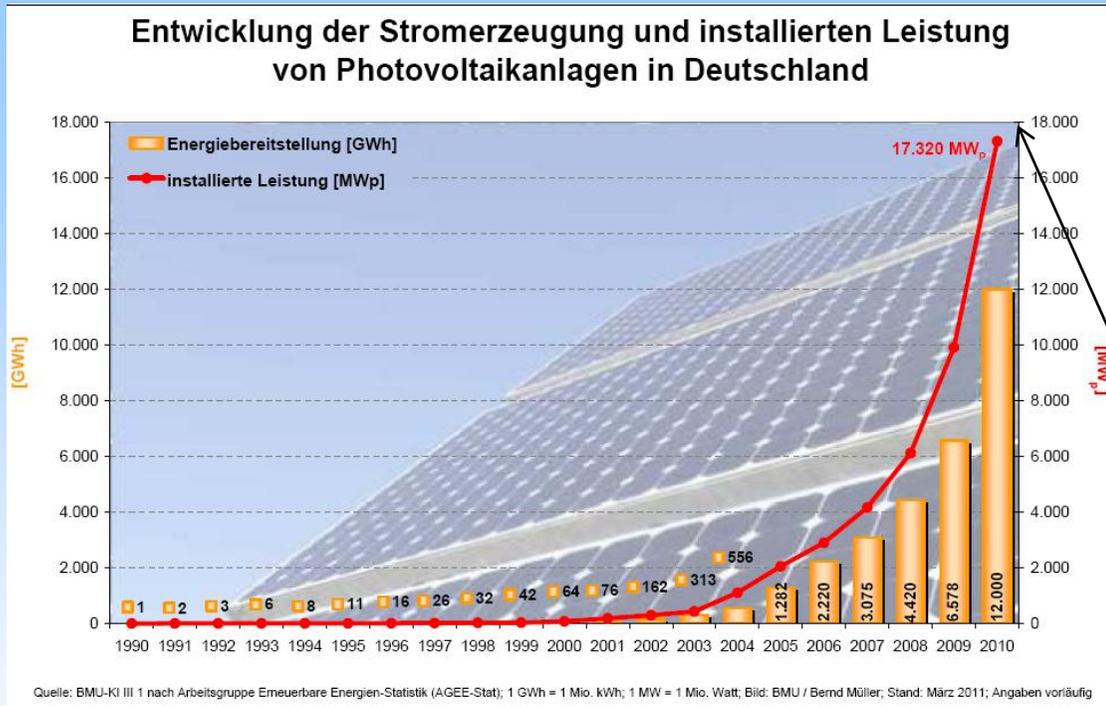
Источник: Staiß 2007

# Обсуждение паритета в сети

На основе темпов пропорционального уменьшения, определенных 6 июня 2008 г.



# Развитие производства электроэнергии фотоэлектрическими установками в Германии



**Солнечный энергоцентр «Либберозе» (Бранденбург)**  
 Установленная мощность: 53 МВт <sub>пик</sub>

Ожидается в 2015 г.:

- 35 000 МВт
- 11 млрд. евро / год оплата из фондов ЕЭС (по состоянию на 15.11.10)

Тогда как в начале 1990-х гг. строились преимущественно малые фотоэлектрические установки на крышах жилых домов, в последнее время были сооружены очень крупные электростанции; в процессе разработки находятся станции, мощность которых выражена трехзначным числом МВт.

# Содержание

---

Введение

Рынки и перспективы фотоэлектрической энергетики

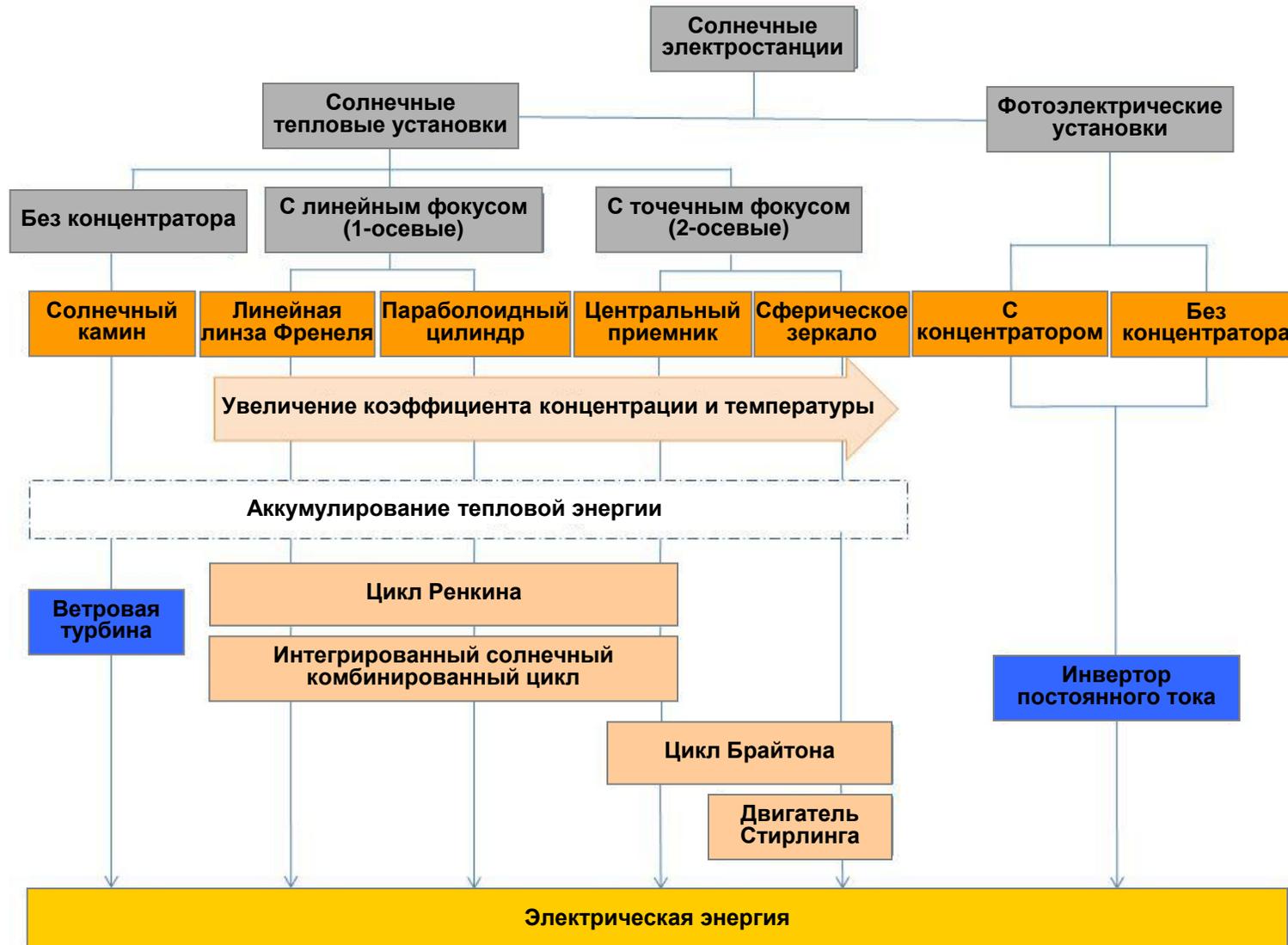
Обзор технологий фотоэлектрической энергетики

Прогнозирование выработки

Качество и дефекты

Генеральный подрядный договор и договор на эксплуатацию и техническое обслуживание

# Технологии солнечной энергетики



# Обзор технологий фотоэлектрической энергетики

## Принцип / характеристики

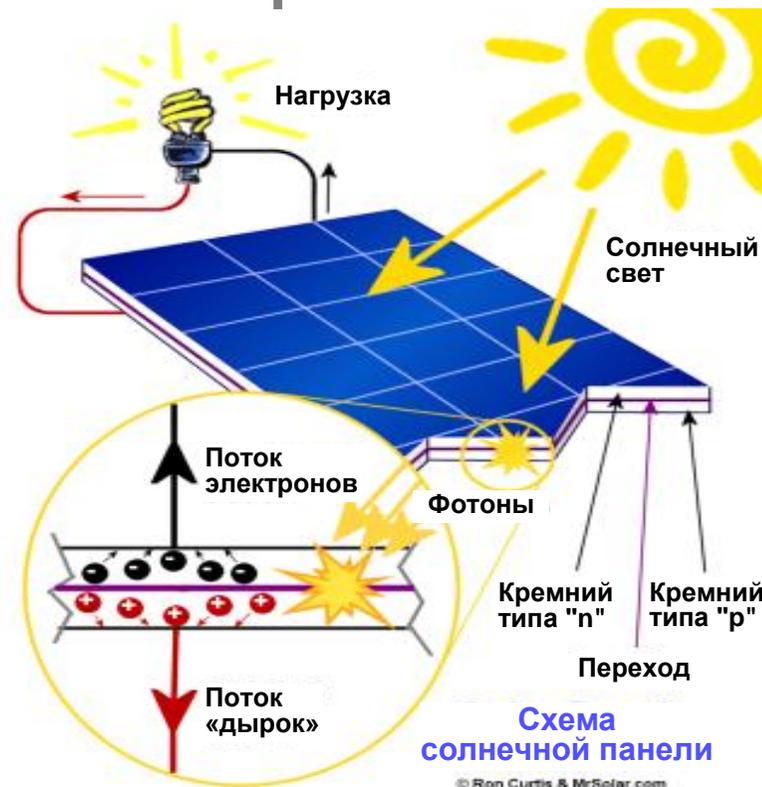
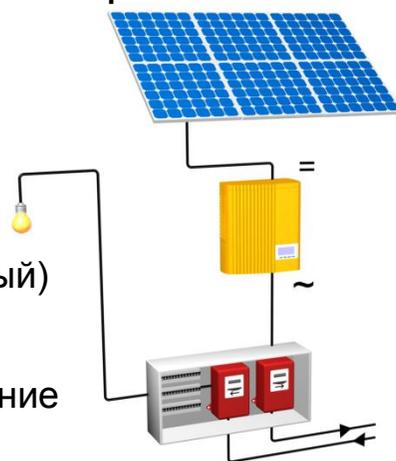
- Поле солнечных элементов используется для сбора солнечного света
- Прямое преобразование солнечного света в электроэнергию посредством фотогальванического эффекта
- Разные технологии фотоэлектрических установок
- Разные технологии монтажной системы для фотоэлектрических станций

## Основной принцип фотоэлектрических станций

Фотоэлектрические модули

Инвертор (преобразователь постоянного тока в переменный)

Электросчетчик / Присоединение к магистральной сети

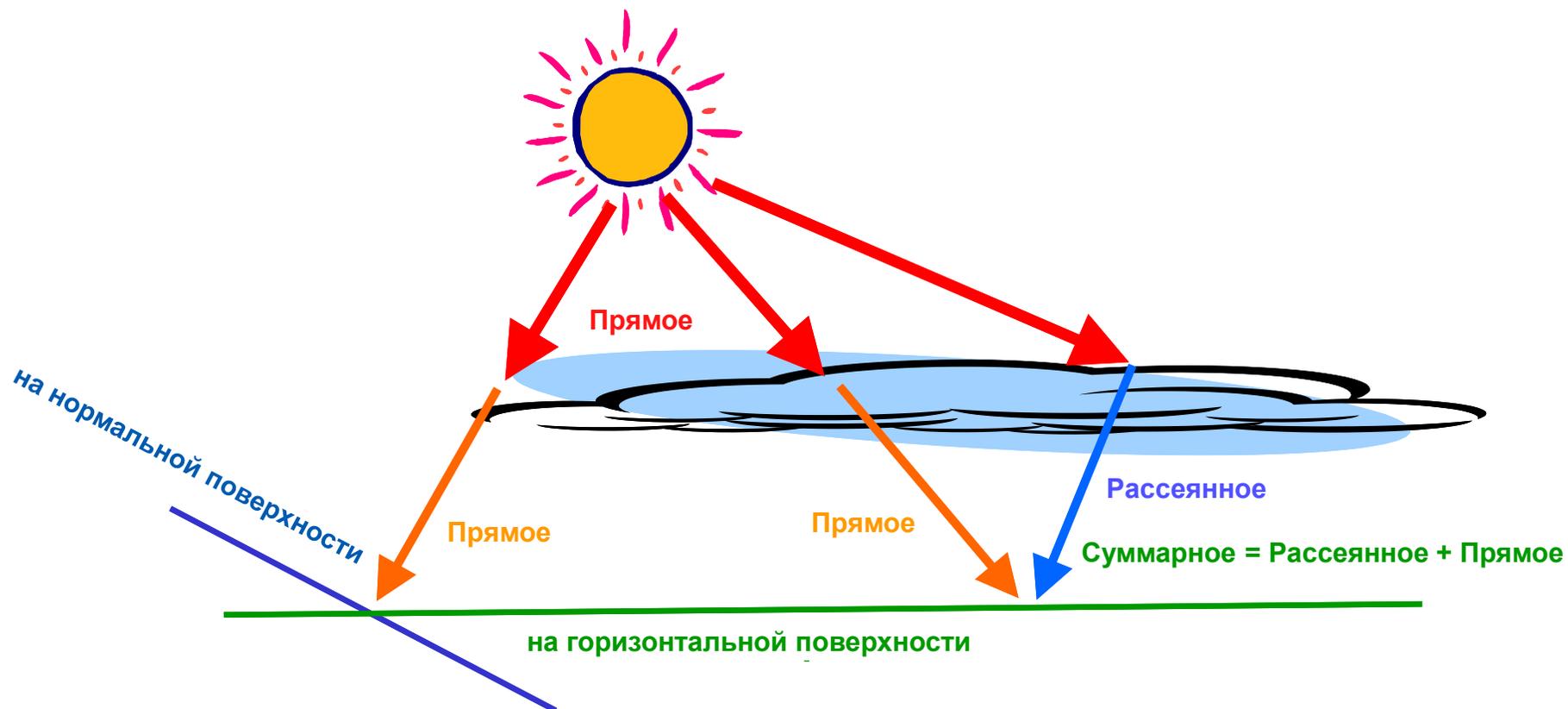


## Состояние

Все концепции испытаны на многочисленных станциях и успешно эксплуатируются

Существенное снижение затрат благодаря массовому производству, экономии от повышения масштаба и дальнейшему совершенствованию технологий

# Солнечное излучение

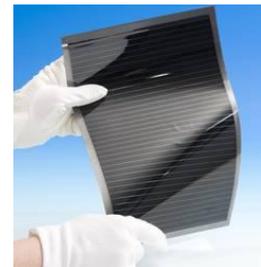
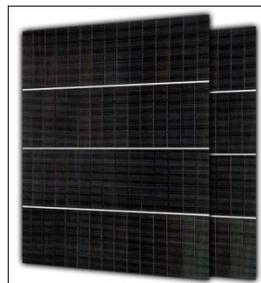
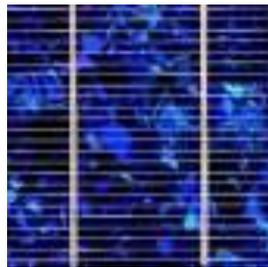


Разные технологии используют разные типы излучения

# Типы солнечных элементов

В основном, существуют две разные технологии изготовления фотоэлектрических солнечных элементов:

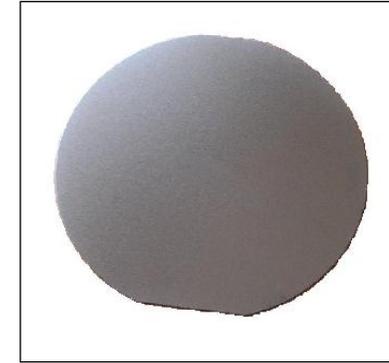
- **Солнечные элементы на основе кристаллических кремниевых пластин**  
Представляют собой основную долю рынка
  - а) монокристаллические элементы
  - б) поликристаллические элементы
- **Тонкопленочная технология**
  - в) Разные материалы и процессы осаждения



## Типы солнечных элементов

### А) Монокристаллические кремниевые элементы

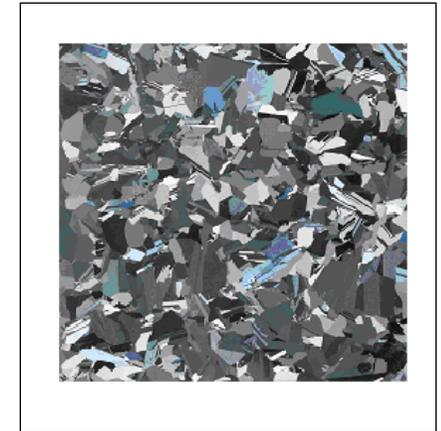
- Кремниевый блок состоит только из одного кристалла
- Изготовление является сложным и энергоемким
- Атомы имеют полностью однородную структуру
- Монокристаллический кремний в качестве сырья для солнечных элементов является относительно дорогим
- Наиболее эффективная технология – значения эффективности от около 15% (при коммерческой эксплуатации) до 25% (в опытных условиях)



# Типы солнечных элементов

## Б) Поликристаллические элементы

- Кремний затвердевает и образует синие блестящие структуры
- Материал элементов является неоднородным
- Преломление света на затвердевших краях уменьшает эффективность
- Дешевле, чем монокристаллический кремний, но также менее эффективны
- Эффективность опытных элементов приближается к 20%, а коммерческих модулей – к 14%



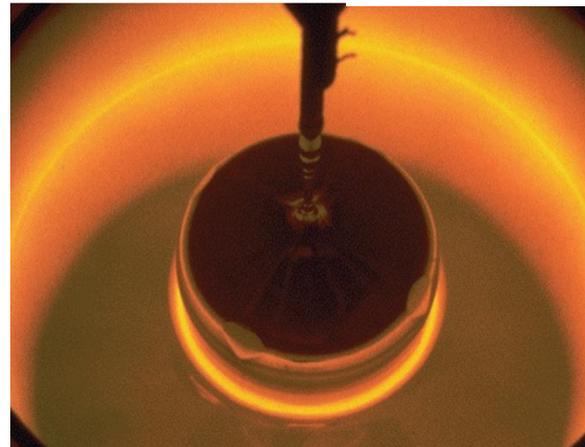
## Процесс изготовления солнечных элементов на основе пластин

- Использование поликристаллических осколков в качестве заготовок
- Кремний «солнечной» марки с чистотой 99,999% производится посредством процесса химического осаждения из паровой фазы



## Процесс изготовления солнечных элементов на основе пластин

- Монокристаллические слитки, по большей части, производятся посредством так называемого процесса выращивания кристаллов методом Чохральского
- Поликристаллические осколки высокоочищенного кремния плавятся в графитовом тигле
- Монокристаллическая затравка погружается в жидкую смесь и вытягивается при вращении



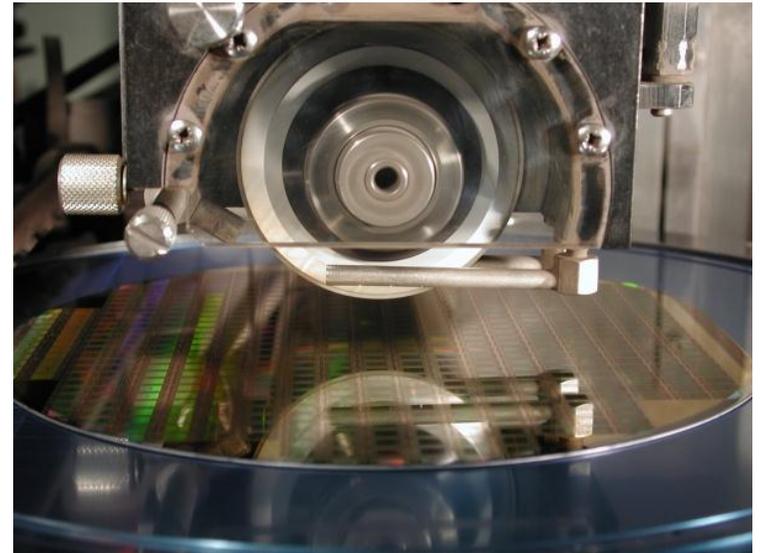
## Процесс изготовления солнечных элементов на основе пластин

- Поликристаллические слитки, по большей части, производятся посредством обычного процесса разливки в слитки
- Кремний плавится и отливается в квадратный графитовый тигель
- Регулируемое охлаждение производит поликристаллический кремниевый блок



## Процесс изготовления – резание пластин

- Слиток разрезается на пластины толщиной от 200 мкм до 500 мкм
- Потери при распилке могут составлять до 50% исходного материала



## Процесс изготовления – химическая обработка поверхности

- Процесс травления на поверхности пластины
- Выполняет три функции:
  - Снимает тонкий слой с поверхности пластины, который был поврежден в процессе распилки
  - Текстурирует поверхность, что необходимо для уменьшения отражения солнечного элемента
  - Очищает поверхность от примесей



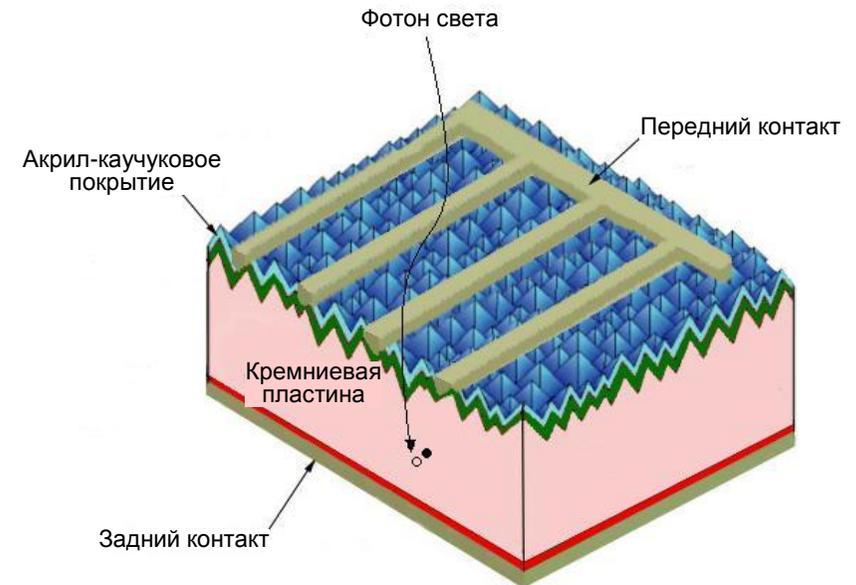
## Процесс изготовления – переход "P-N"

- Легирование с дырочной проводимостью (типа "p") уже было проведено при выращивании кремниевого слитка, так что следует создать только слой с электронной проводимостью (типа "n")
  - Диффузионный процесс, при котором в кристаллическую решетку встраиваются атомы фтора
- В кристалле, который сам по себе легирован по типу "p", создается тонкий легированный слой типа "n"



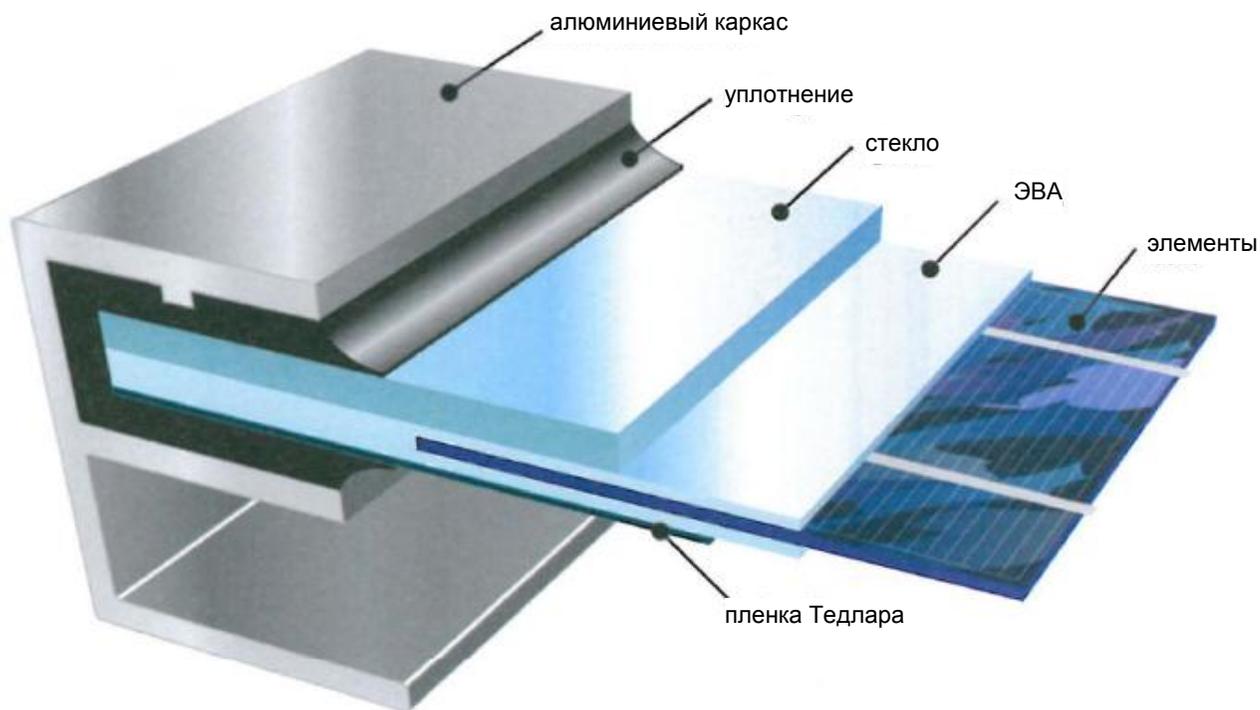
## Процесс изготовления – создание передних и задних контактов

- Накладываются контакты:
  - Передние, с солнечной стороны
  - Задние, с теневой стороны
- Металлическая паста наносится на пластину методом трафаретной печати
- Пластина обжигается
- Термическая адгезия → металлическая паста превращается в металлические контакты



## Процесс изготовления – поперечный разрез модуля

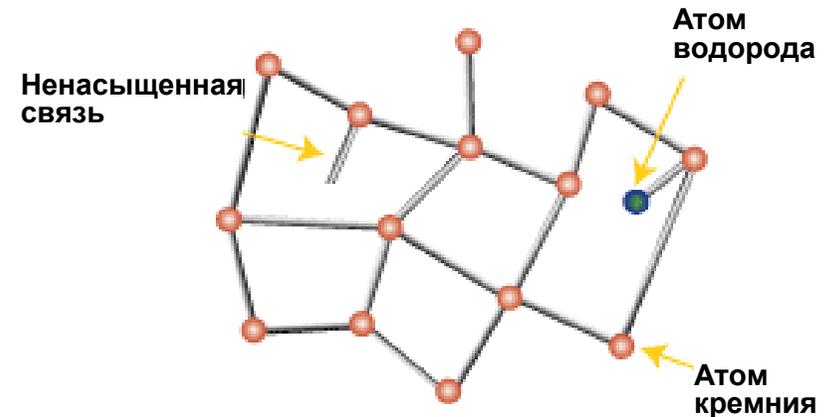
- Типичный поперечный разрез поликристаллических модулей состоит из стандартных компонентов:



## Типы солнечных элементов

### В) Аморфно-кремниевые элементы / тонкопленочные элементы

- Кремниевый блок состоит только из одного кристалла
- На основе тонкой, некристаллической (аморфной) кремниевой пленки, получаемой, напр. посредством осаждения из паровой фазы
- Дешевле, чем кристаллический кремний, но менее эффективны
- Преимущества при меньшем освещении, рассеянном свете и высокой рабочей температуре
- Нет необходимости в фиксированных несущих конструкциях
- Применяются, напр. в калькуляторах и часах



## Типы солнечных элементов

### В) Аморфно-кремниевые элементы / тонкопленочные элементы

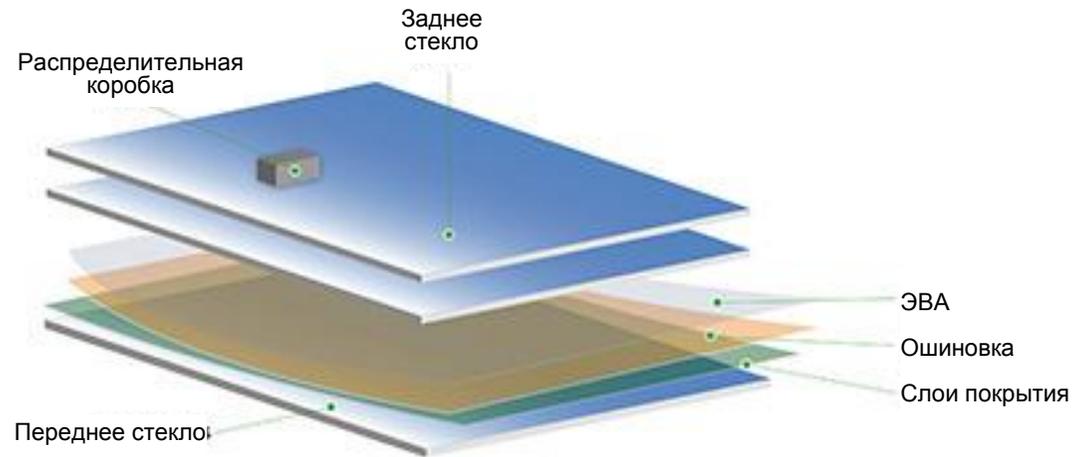
- Разные материалы:
  - Аморфный кремний – значения эффективности от около 6% (при коммерческой эксплуатации) до 9,5% (в опытных условиях)
  - Теллурид кадмия – значения эффективности от около 12% (при коммерческой эксплуатации) до 16% (в опытных условиях)
  - Сульфид индия и меди – значения эффективности от около 12% (при коммерческой эксплуатации) до 19% (в опытных условиях)



## Типы солнечных элементов

### Г) Микросталлические элементы

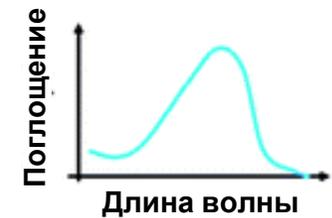
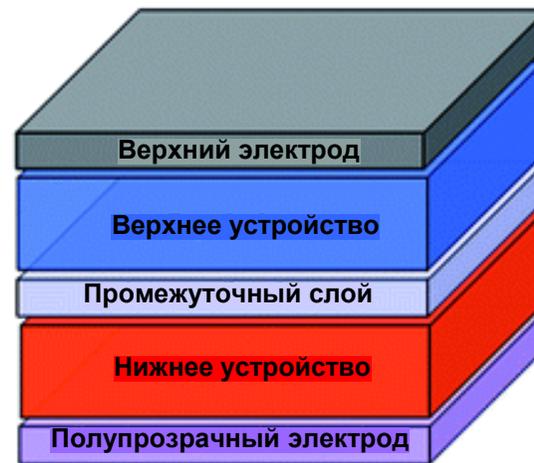
- Тонкопленочные элементы с микросталлической структурой
- Имеют более высокую эффективность, чем аморфно-кремниевые элементы, и меньшую толщину, чем обычные поликристаллические элементы
- Пока не имеют широкого распространения



## Типы солнечных элементов

### Д) Двухкаскадные солнечные элементы

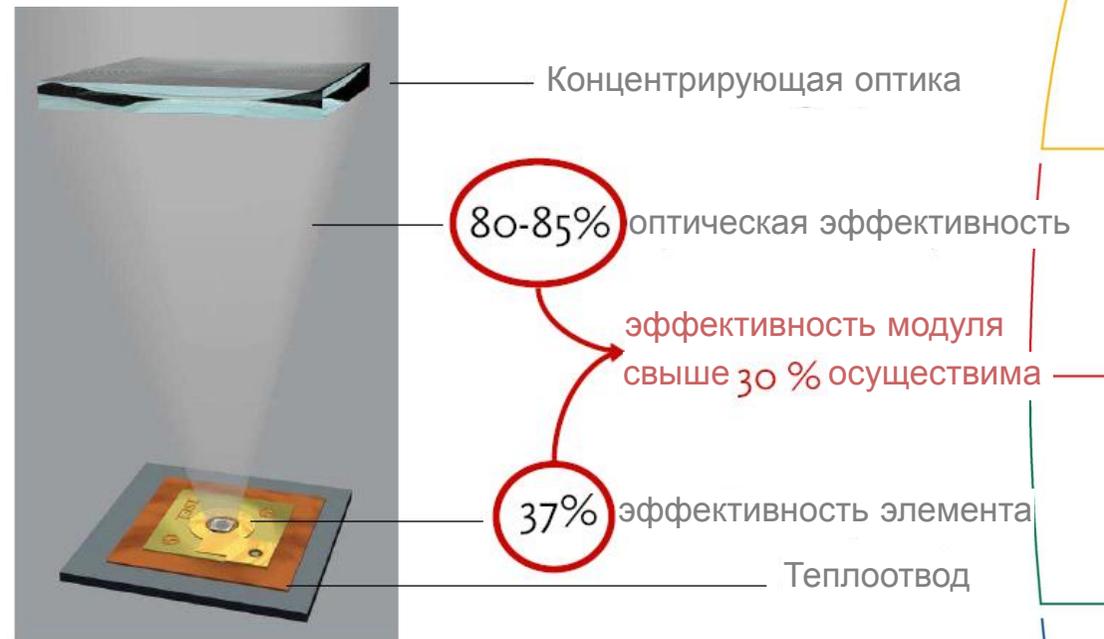
- Слоистые элементы, сочетающие, по большей части, поликристаллические и аморфные элементы
- Отдельные слои состоят из разного материала и настраиваются на разную длину световых волн
- Используют широкий диапазон оптического спектра, что приводит к повышению эффективности по сравнению с обыкновенными солнечными элементами



# Технология фотоэлектрических установок с концентратором

## Е) Концентрированные солнечные элементы

- Фотоэлектрические системы с концентратором используют оптические линзы для фокусирования прямого солнечного света на малые и высокоэффективные многопереходные солнечные элементы
- Предназначены для территорий с прямым нормальным излучением
- Требуют двухосевых систем слежения за солнцем
- Направлены на снижение затрат посредством использования менее дорогого полупроводникового материала и дешевых оптических систем



## III-V многопереходный солнечный элемент

- Высокая эффективность посредством использования трех каскадных подэлементов, преобразующих конкретную спектральную область падающего излучения
- Верхний подэлемент из фосфида индия и галлия решетчато согласован со средним подэлементом из арсенида (индия и) галлия
- Нижний подэлемент - подложка из германия
- Производят более высокое напряжение и более низкий ток, чем однопереходный кремниевый элемент
- Верхний и нижний подэлементы ограничивают полный ток (до нижнего элемента доходит более, чем 1/3 имеющихся в наличии фотонов)

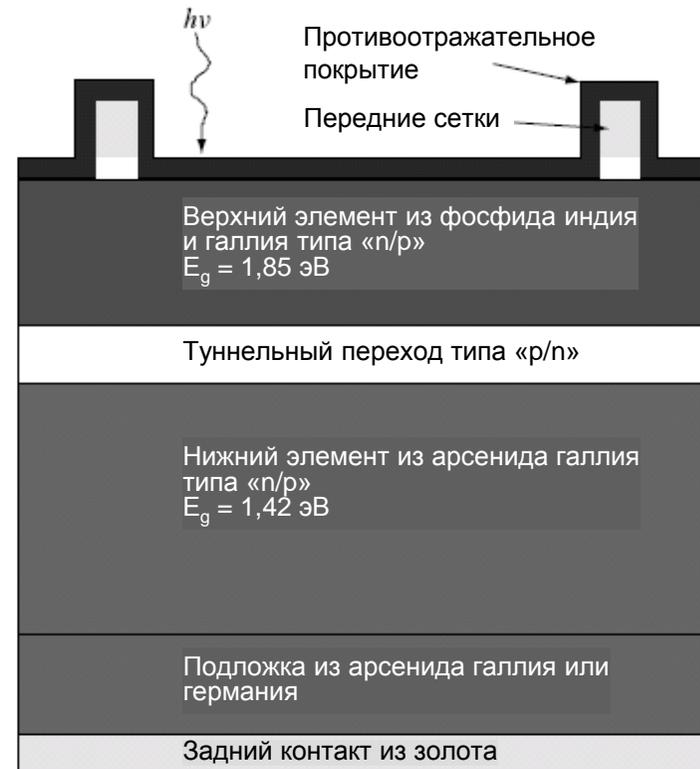
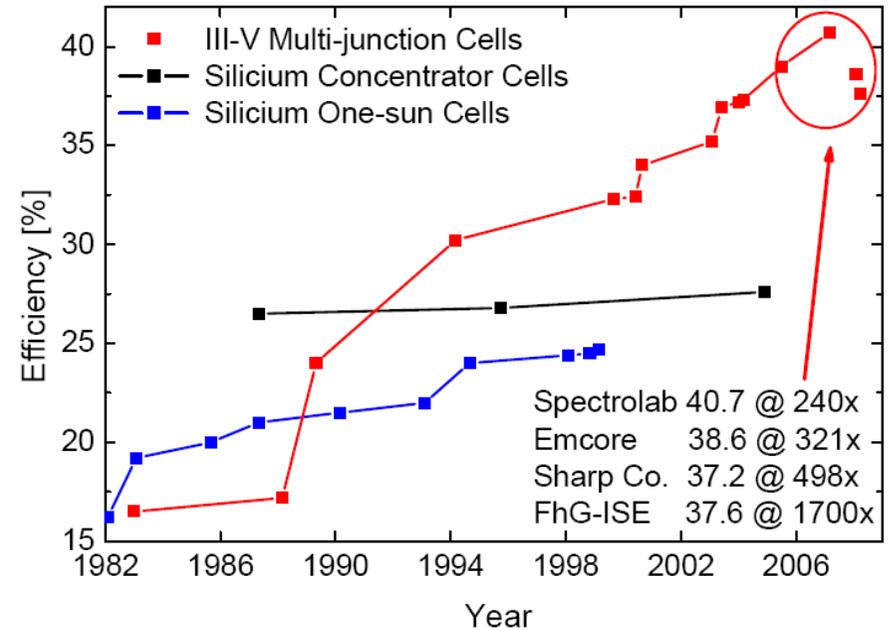
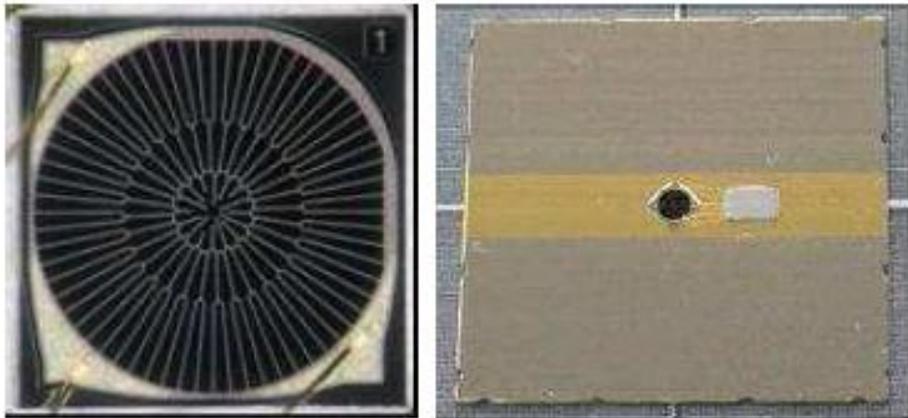


Рис. 9.1. Схематика многопереходного солнечного элемента из фосфида индия и галлия / арсенида галлия. При выращивании на германиевой подложке имеется вариант внедрения третьего перехода в германиевой подложке; соответственно, повышается напряжение и эффективность устройства в целом. Размеры представлены не в масштабе.

# III-V многопереходный солнечный элемент



- Трехпереходный солнечный элемент диаметром 3 мм и сквозное охлаждение медью

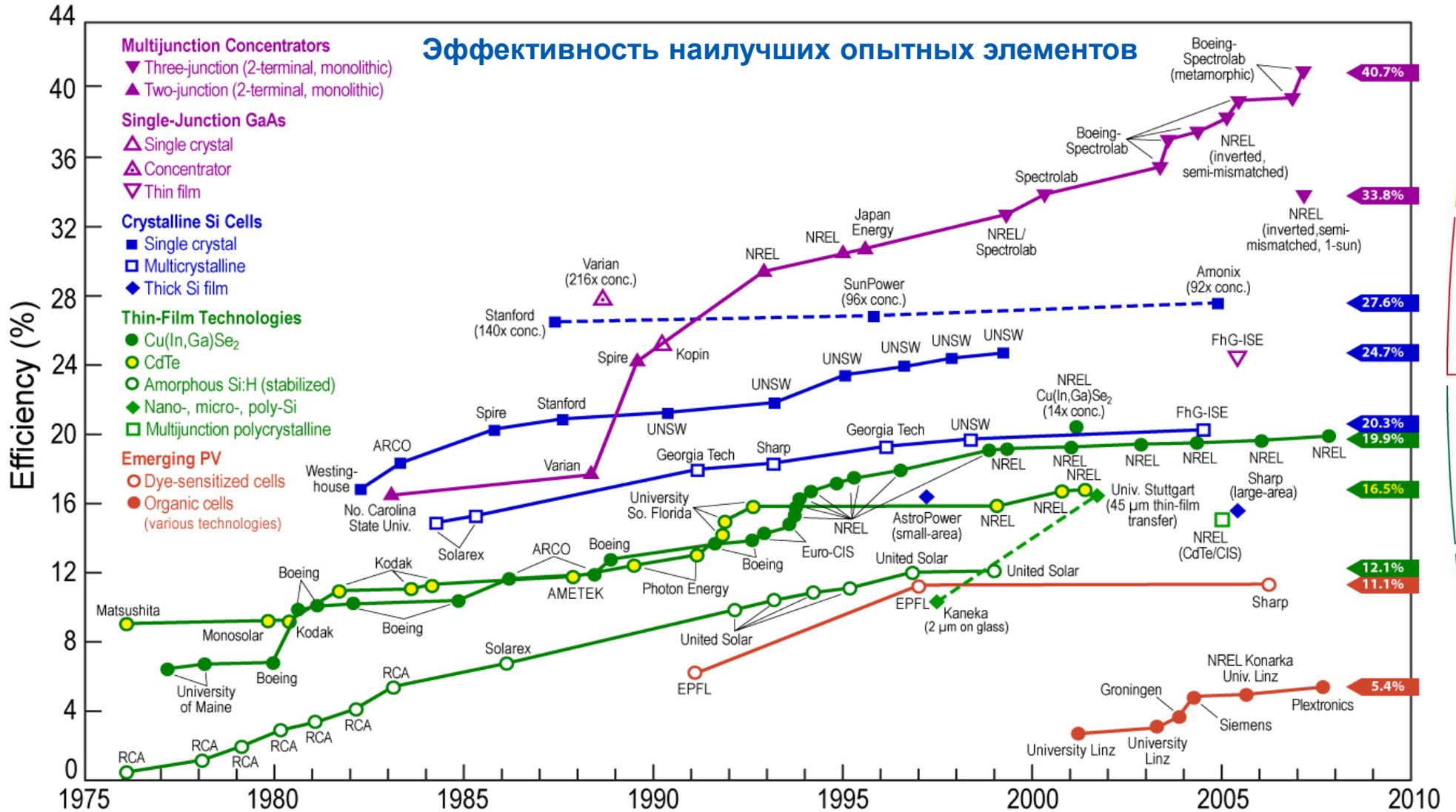
- Эффективность III-V многопереходных элементов превысила 40%, однако диапазон эффективности модулей составляет 25-30%

## Типы солнечных элементов II

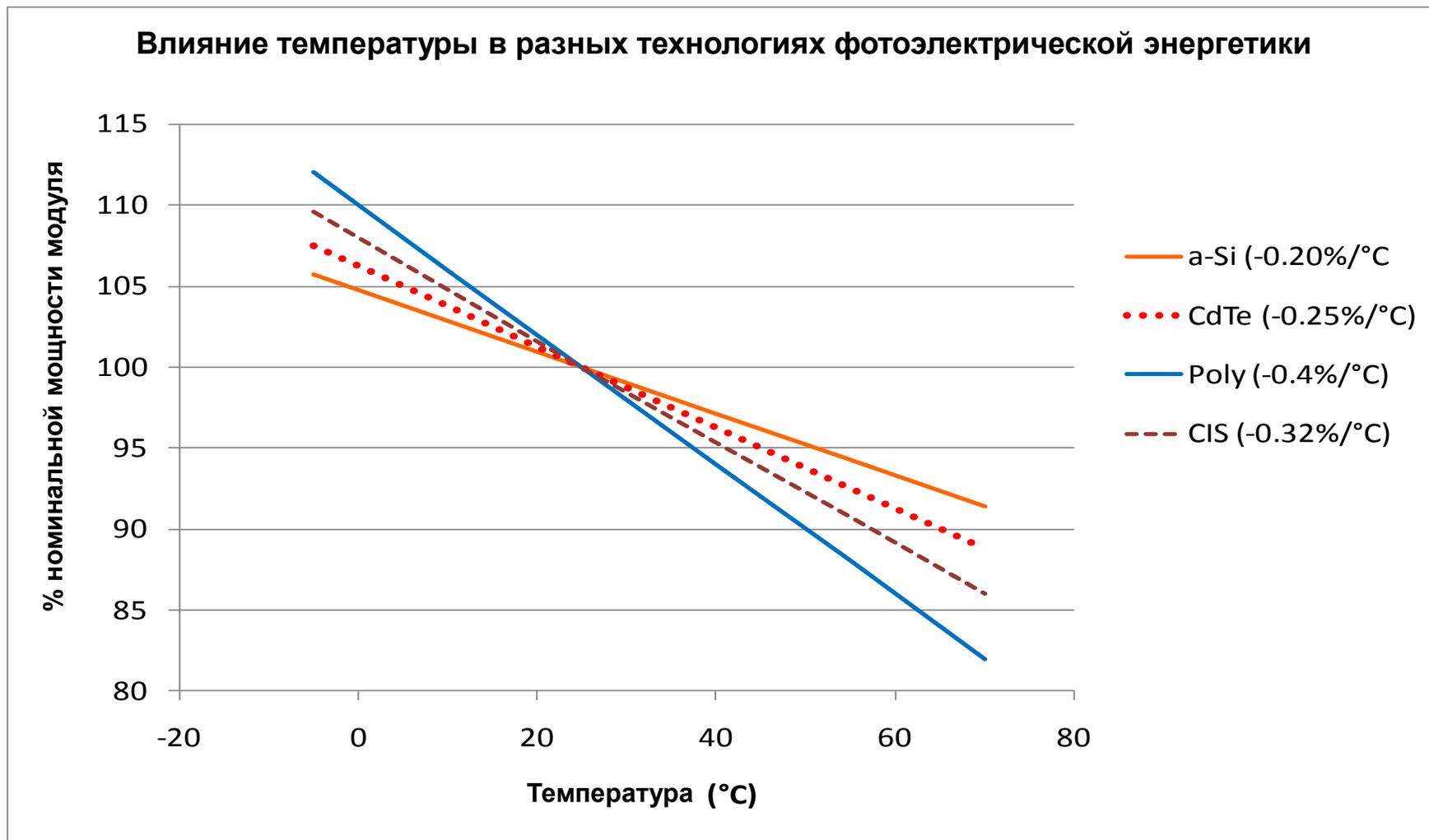
Тип солнечного элемента	Свойства материала	Эффективность		Стадия разработки
		в лабораторном масштабе*	модулей	
+++++	+++++			+++++
Монокристаллический кремний (sc-Si)	равномерная кристаллическая структура	25%	14-21%	промышленное производство
Поликристаллический кремний (mc-Si)	поликристаллическая структура с видимыми монокристаллами	20,4%	12-17,5%	промышленное производство
Гибридные элементы типа «HIT»	сочетание кристаллического и аморфного элемента	22,8%	15-17,5%	промышленное производство
Аморфный кремний (a-Si)	атомы расположены неравномерно, тонкопленочная технология	10-13%**	5-8%**	промышленное производство
Микроморфный кремний (micro-Si)	атомы расположены неравномерно, тонкопленочная технология	12,5%**	7,5-10%**	промышленное производство
Арсенид галлия (GaAs)	многопереходный, кристаллический элемент	42%	25%	первые производственные линии
Диселенид/сульфид индия и меди (CIGS, CIS)	тонкопленочный, поликристаллический элемент	20,3%	8-15,7%	промышленное производство
Теллурид кадмия (CdTe)	тонкопленочный, поликристаллический элемент	17,3%	9-13,4%	промышленное производство
Органические элементы	тонкопленочный, кристаллический элемент	5,4%	2%	стадия опытных разработок, в наличии для коммерческой эксплуатации нет
Элементы, сенсibilизированные красителем	тонкопленочный, нанокристаллический элемент	10,4%	8,4%	стадия опытных разработок, в наличии для коммерческой эксплуатации нет

\*эффективность элемента основана на лабораторных образцах и всегда будет выше, чем эффективность модулей      \*\*стабилизировано

# Типы солнечных элементов VI – значения эффективности фотоэлектрических элементов

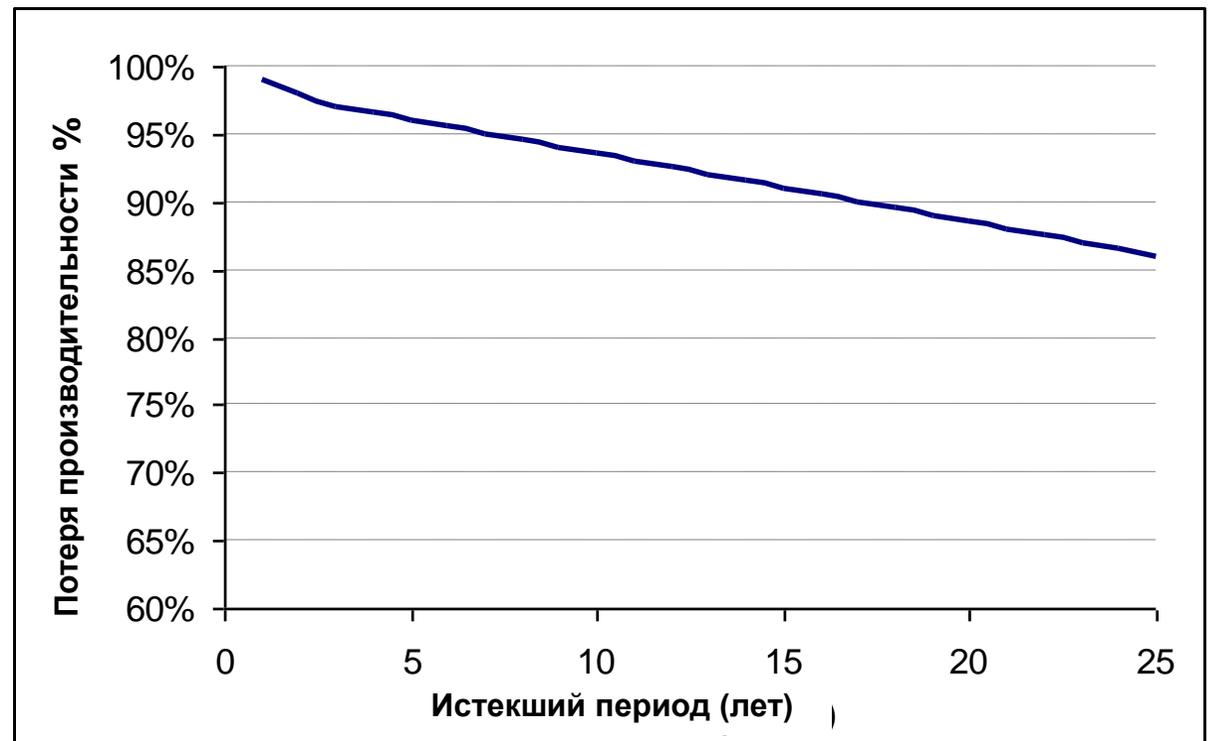


# Типы солнечных элементов VII – влияние температуры



## Типы солнечных элементов VIII – ухудшение показателей

- Фотоэлектрические солнечные модули претерпевают процесс ухудшения показателей производительности в течение срока своей службы
- Считается, что показатели кристаллических фотоэлектрических модулей ухудшаются, в среднем, на 0,5% за год
- Тонкопленочные модули имеют повышенную тенденцию к ухудшению показателей и более чувствительны к окружающим условиям (эффект отжига)



# Характеристики производства электроэнергии солнечными установками

- Производство электроэнергии постоянного тока зависит от уровня солнечного излучения
- Напряжение и ток зависят от электрического сопротивления
- $P = U \times I$
- Максимизация мощности достигается за счет инверторов

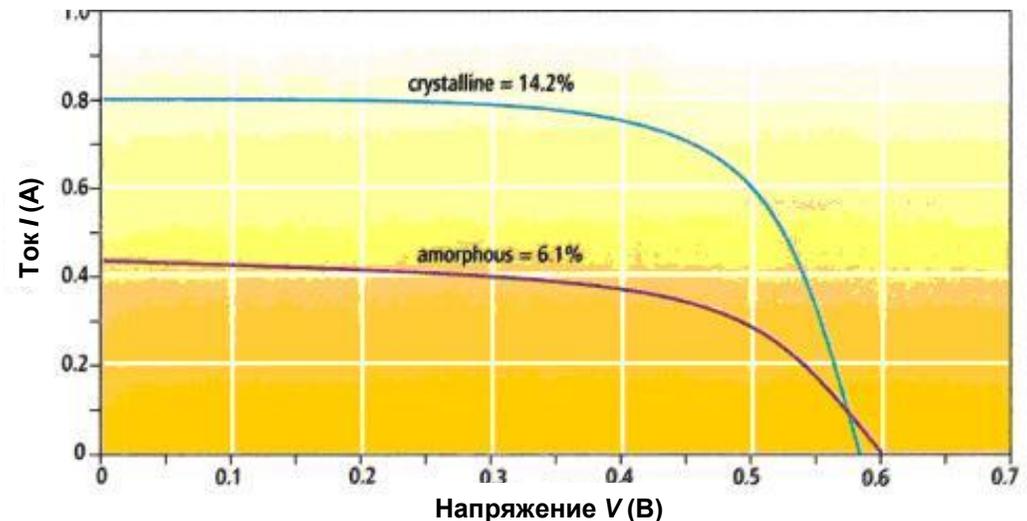
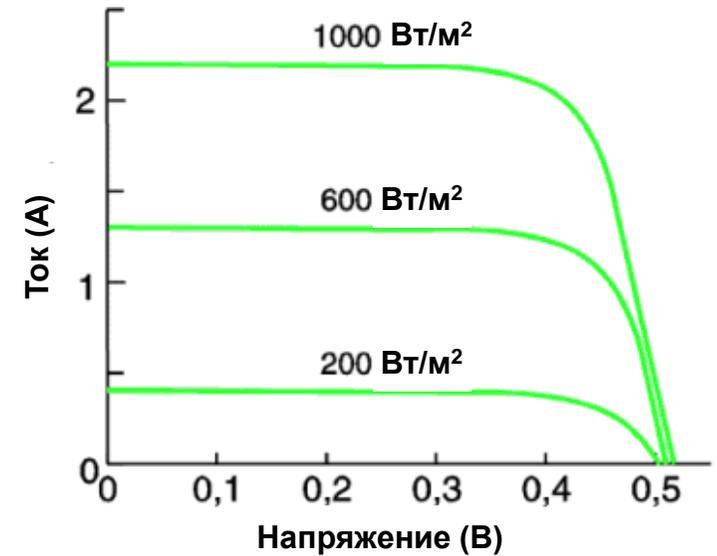


Рис. 1.126

Сравнение характеристических кривых тока и напряжения (кривых I-V) кристаллического и аморфно-кремниевого солнечных элементов при излучении 1000 Вт/м<sup>2</sup> на площадь 5 см × 5 см поверхности элемента и температуре 28 °С.  
Источник: Р. Хазельхун

## Концепции инверторов

- **Центральные инверторы**
  - Крупные, промышленного масштаба (более 1 МВт)
  - Повышенная эффективность и более низкая стоимость инверторов
- **Секционные инверторы**
  - Применяются в диапазоне мощностей от низких до средних
  - От 15 кВт до 1 МВт
  - Более высокая модульность, перебои в работе системы менее вероятны
- **Коммерческие инверторы нынешних поколений имеют функции мониторинга и защиты**



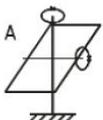
# Установка – фиксированная или с системой слежения

Fixed orientation

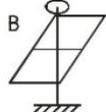


Photon 7/2004

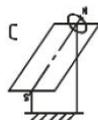
Biaxial tracking



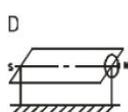
Single axis tracking



- vertical -



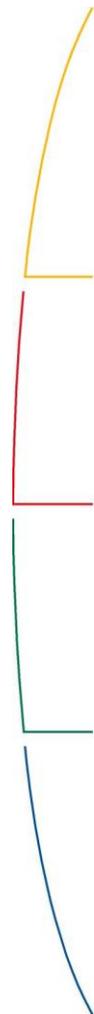
- tilted -

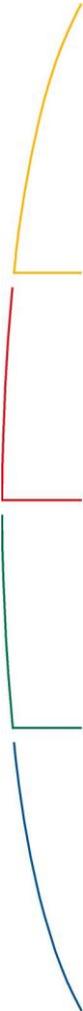


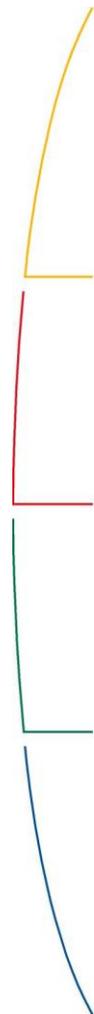
- horizontal -



	Среднегодовой прирост энергетической освещенности в центральной Европе	Среднегодовой прирост энергетической освещенности в южной Европе
Фиксированная, оптимальный угол наклона	0%	0%
Горизонтальная ось «N-S»	11,5%	17,4%
Ось с наклоном 30°	22,9%	29,8%
Вертикальная ось, наклон модуля 50°	23,1%	29,6%
Двухосная система слежения	27,2%	34%









## Установка – встроенные в здания системы

- Состоят во встраивании фотоэлектрических модулей в ограждающую конструкцию зданий
- Одновременно служат материалом ограждающей конструкции здания и устройством для производства электроэнергии
- Возможности присоединения:
  - Взаимодействие с имеющейся в наличии магистральной сетью
  - Проектирование в виде автономных систем, независимых от сети



Grand Valley State University displaying Uni-Solar Thin Film Solar Cells

# Содержание

---

Введение

Рынки и перспективы фотоэлектрической энергетики

Обзор технологий фотоэлектрической энергетики

Прогнозирование выработки

Качество и дефекты

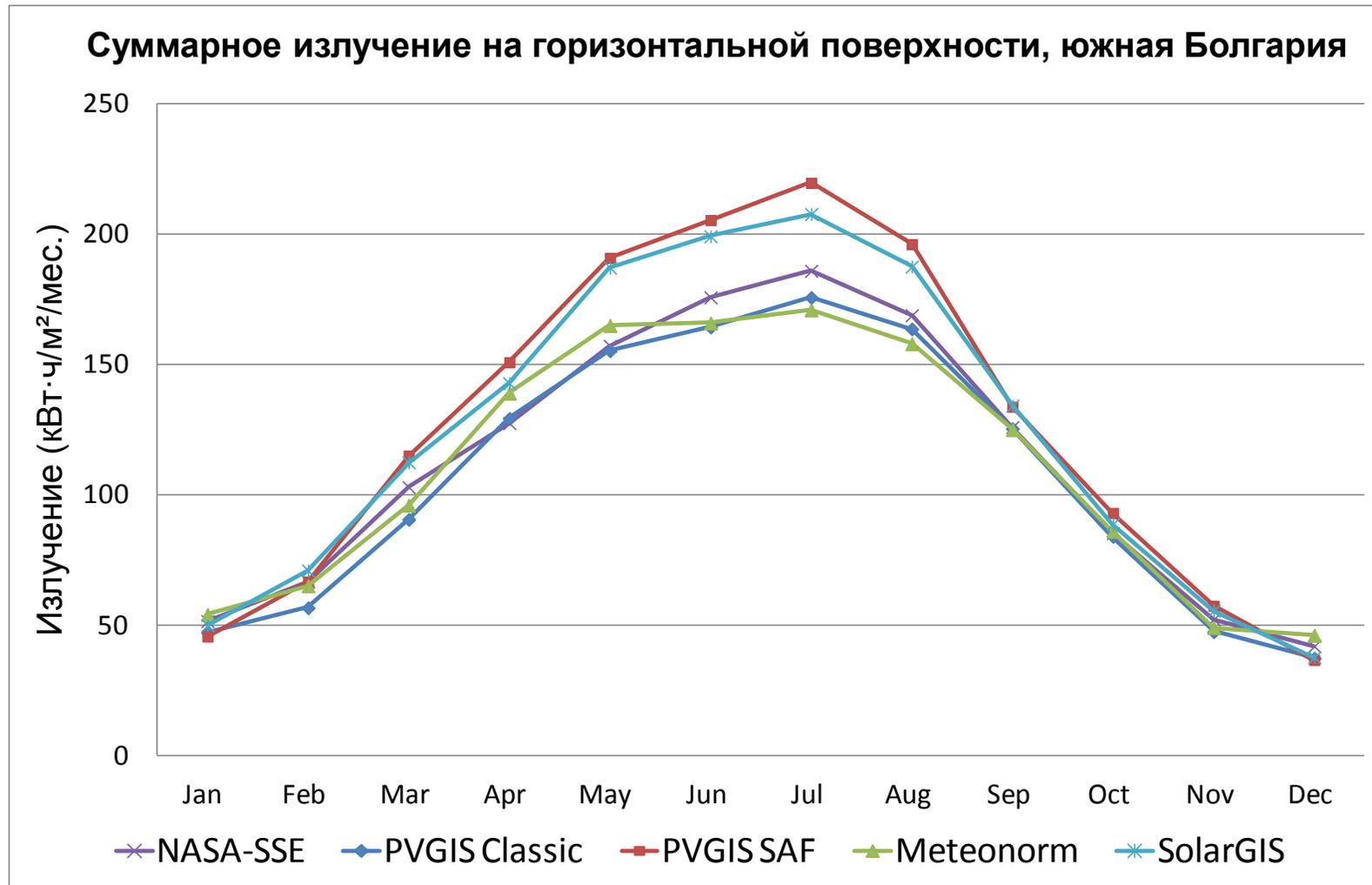
Генеральный подрядный договор и договор на эксплуатацию и техническое обслуживание

## Прогнозирование выработки – обзор уровней излучения

- Оценка имеющихся в наличии источников данных
- Наземные измерения / спутниковые данные
- Точность
- Период и временной ряд

Источник данных	Период времени	G_h (кВт·ч/м <sup>2</sup> )
NASA-SSE	1983 – 2005	1 342
PVGIS Classic	1981 – 1990	1 277
PVGIS SAF	1998 – 2010	1 511
Meteonorm 6.0	1981 – 2000	1 320
<b>SolarGIS</b>	<b>1994 – 2010</b>	<b>1 474</b>

# Распределение излучения для южной Болгарии

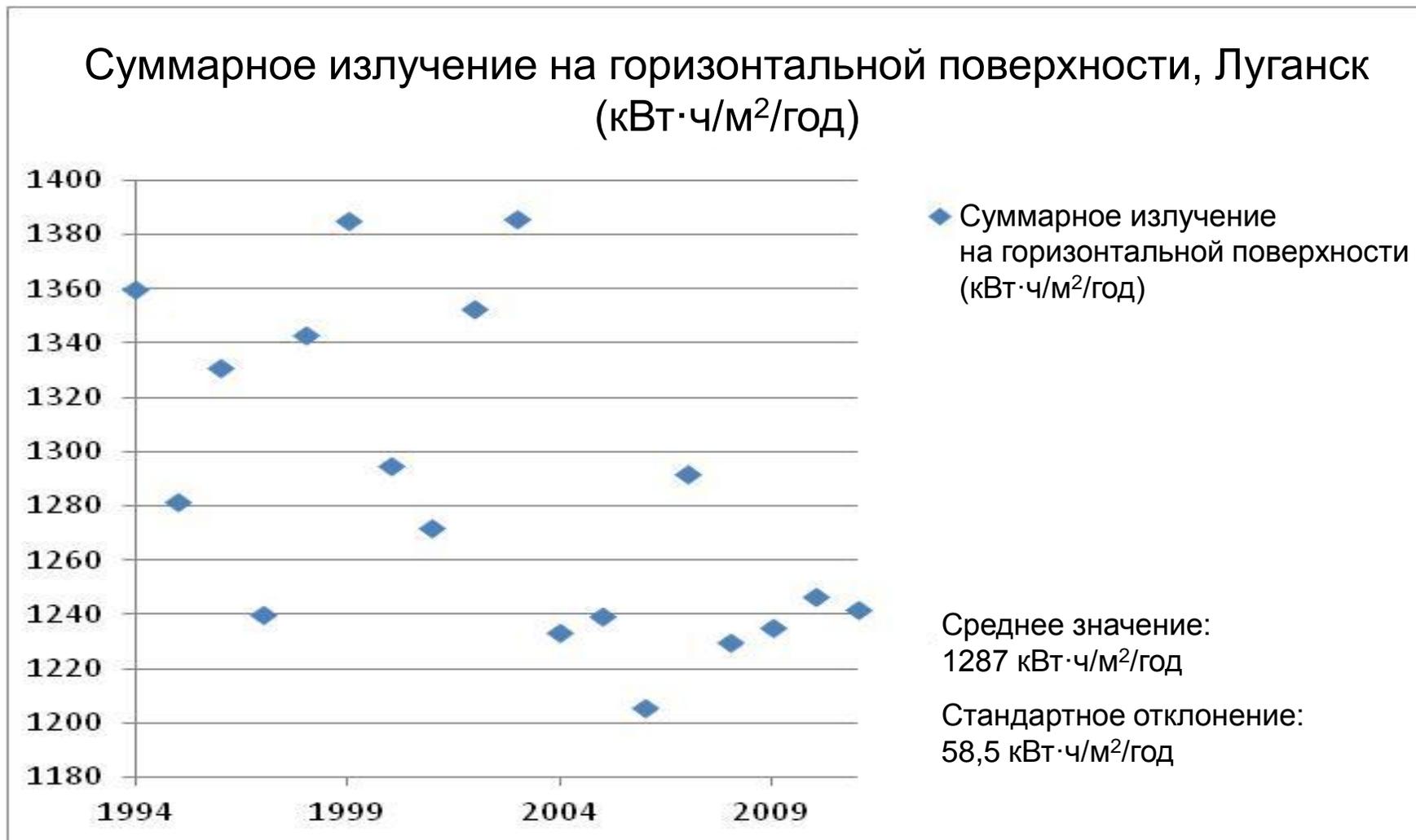


Общее суммарное излучение на горизонт. поверхности: 1277 – 1511 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год

# Излучение в Украине



## Излучение в Луганске



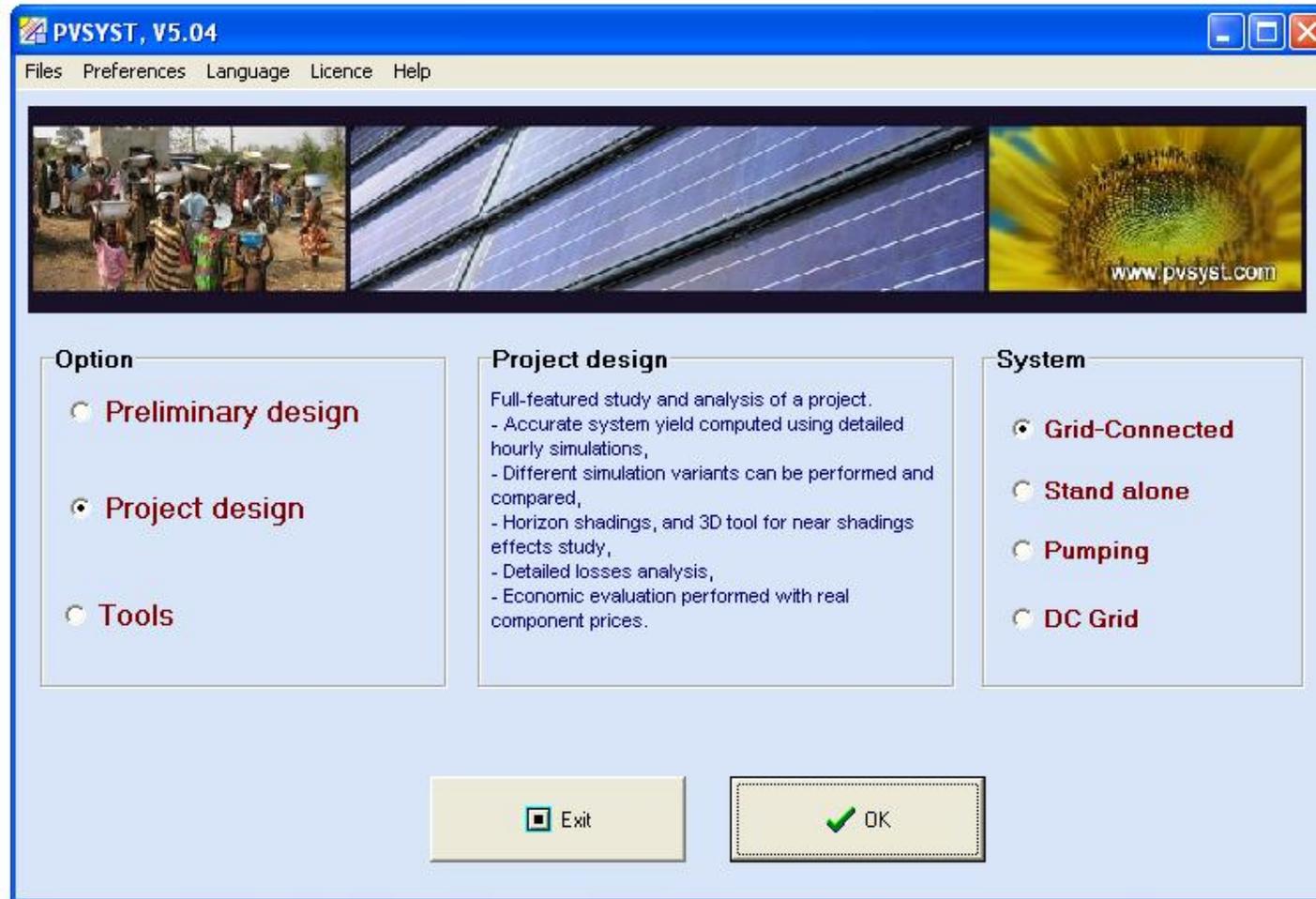
## Прогнозирование выработки – проект станции

- Месторасположение
- Топография
- Компоновка (в т.ч. затенение)
- Модули
- Инверторы
- Монтажные системы
- Трансформаторы
- Разводка кабелей
- Перечни технических данных, однолинейные схемы и компоновочные файлы AutoCAD являются наиболее существенной информацией

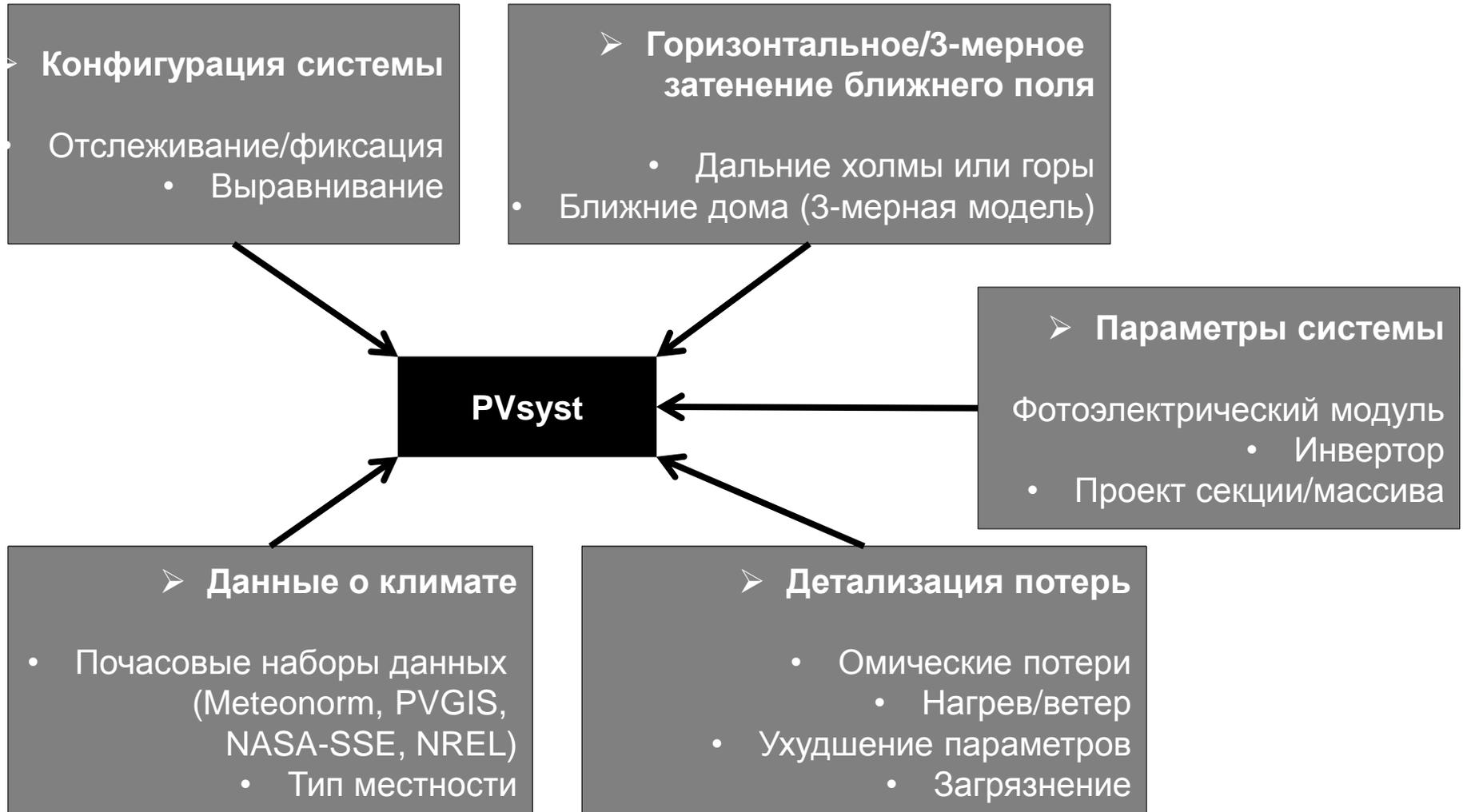
## Прогнозирование выработки – обзор инструментов имитационного моделирования

- PVsyst (Женевский университет)
- PV\*SOL
- INSEL
- HOMER - HOMER
- Sunny Design (SMA) - Солнечный проект
- Другие программы самостоятельного расчета на компьютере

# Имитационное моделирование с помощью PVsyst

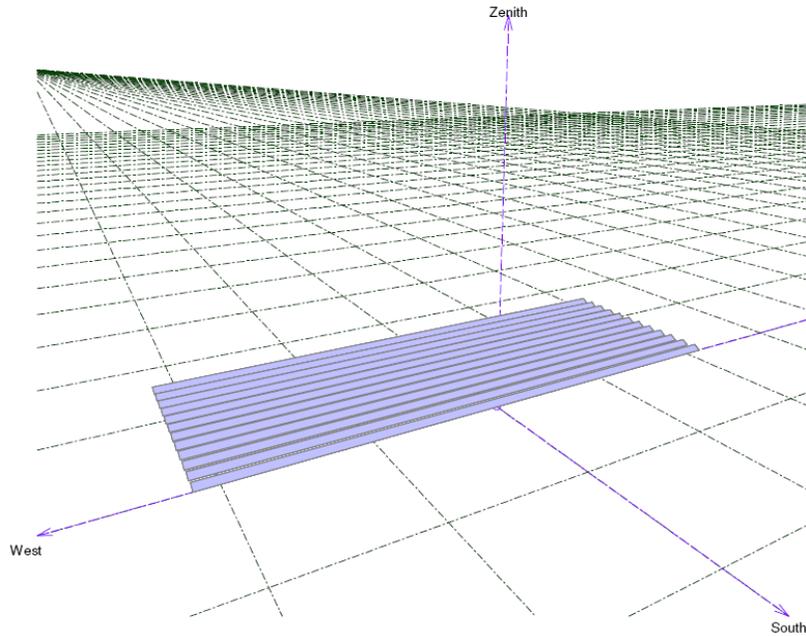


# Имитационное моделирование с помощью PVsyst – производственный поток и граничные условия



# Имитационное моделирование с помощью PVsyst

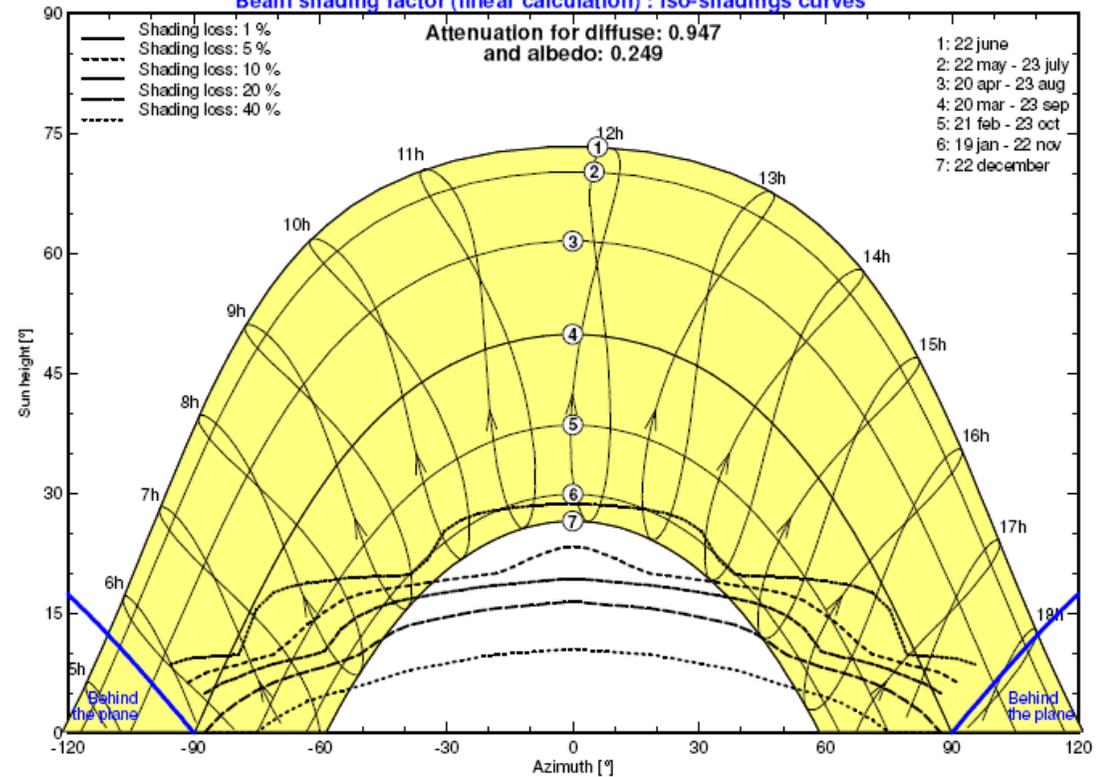
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



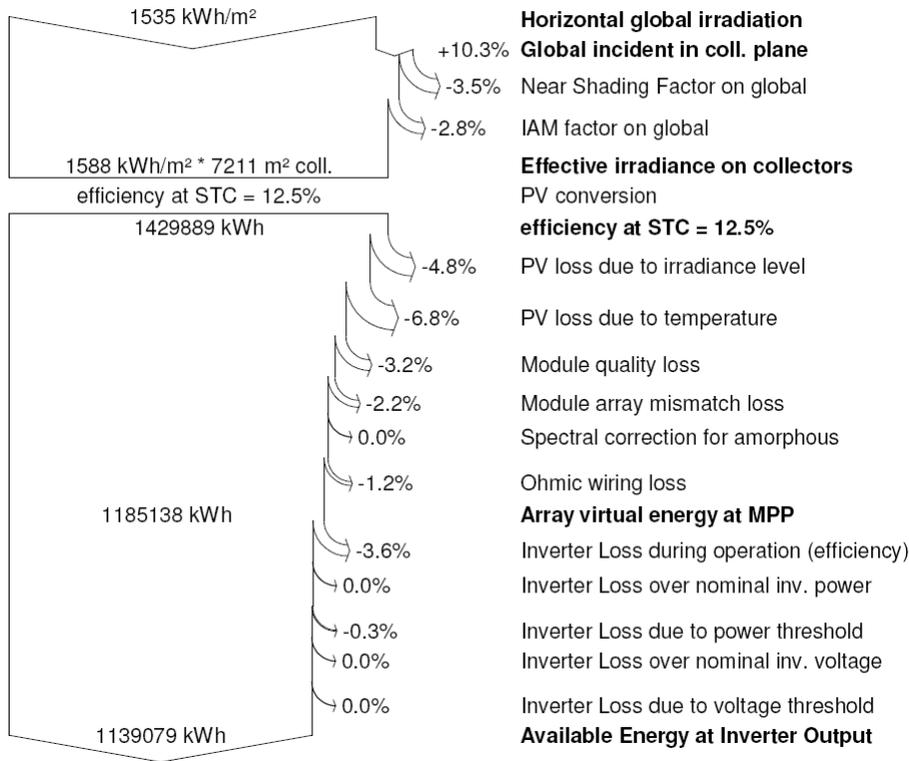
## Iso-shadings diagram

PV Apulia: DIA SPC 190 D Shading

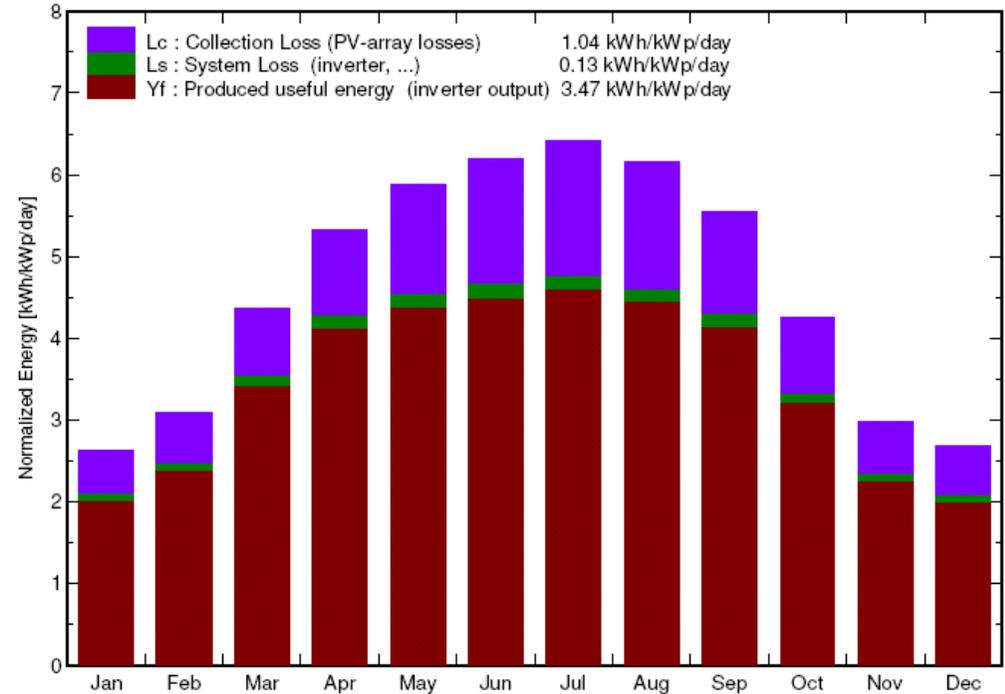
Beam shading factor (linear calculation) : Iso-shadings curves



# Имитационное моделирование с помощью PVsyst



Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 899 kWp



## Прогнозирование выработки – типичные параметры потерь

- Параметры потерь, рассчитанные с помощью PVsyst:

Позиция	%
Коэффициент затенения в ближней зоне	-3,4
Освещенность суммарного солнечного излучения	-2,9
Уровень энергетической освещенности	-4,8
Потери вследствие температурных колебаний	-4,9
Потери вследствие загрязнения	-1,1
Качество модулей	-1,1
Потери вследствие рассогласования	-1,6
Потери в проводке постоянного тока	-0,9
Потери в проводке переменного тока	-0,5
Потери в трансформаторах и на подстанциях	-1,1

## Прогнозирование выработки – основные результаты имитационного моделирования

- Основные результаты имитационного моделирования, рассчитанные с помощью PVsyst:

Удельная выработка [кВт·ч/кВт/год]	Коэффициент производительности [%]	Производство энергии [МВт·ч/год]
1 304	78,2	78 882

- Еще следует учитывать:
  - Ухудшение параметров модулей (первоначальное и линейное)
  - Эксплуатационную готовность станции
  - Эксплуатационную готовность магистральной сети
- Соответственно снижается удельная выработка на оценку неопределенности (ухудшение параметров обычно рассматривается отдельно в финансовых моделях)

## Прогнозирование выработки – оценка неопределенности

- Следует рассматривать неопределенности имитационного моделирования и данных:

Продолжительность [лет]	1	2	3	4	5	10	20
$\sigma_{Sim}$	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
$\sigma_{Irr,acc}$	3,22%	3,22%	3,22%	3,22%	3,22%	3,22%	3,22%
$\sigma_{Irr,ltc}$	3,85%	2,72%	2,22%	1,92%	1,72%	1,22%	0,86%
$\sigma_{Tot}$	<b>6,42%</b>	<b>5,81%</b>	<b>5,59%</b>	<b>5,48%</b>	<b>5,41%</b>	<b>5,27%</b>	<b>5,20%</b>

- Случаи вероятности для сценариев со стороны понижения:

Продолжительность [лет]	1	2	3	4	5	10	20
Общая неопределенность [%]	6,4%	5,8%	5,6%	5,5%	5,4%	5,3%	5,2%
P50	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
P75	95,7%	96,1%	96,2%	96,3%	96,3%	96,4%	96,5%
P90	91,8%	92,6%	92,8%	93,0%	93,1%	93,2%	93,3%
P95	89,4%	90,4%	90,8%	91,0%	91,1%	91,3%	91,4%
P99	85,1%	86,5%	87,0%	87,3%	87,4%	87,7%	87,9%
P50 [кВт·ч/кВт]	1 291	1 291	1 291	1 291	1 291	1 291	1 291
P75 [кВт·ч/кВт]	1 235	1 240	1 242	1 243	1 244	1 245	1 246
P90 [кВт·ч/кВт]	1 185	1 195	1 198	1 200	1 201	1 204	1 205
P95 [кВт·ч/кВт]	1 155	1 168	1 172	1 175	1 176	1 179	1 180
P99 [кВт·ч/кВт]	1 098	1 117	1 123	1 126	1 129	1 133	1 135

# Содержание

---

Введение

Рынки и перспективы фотоэлектрической энергетики

Обзор технологий фотоэлектрической энергетики

Прогнозирование выработки

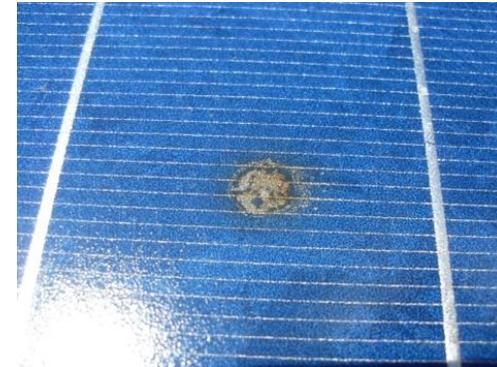
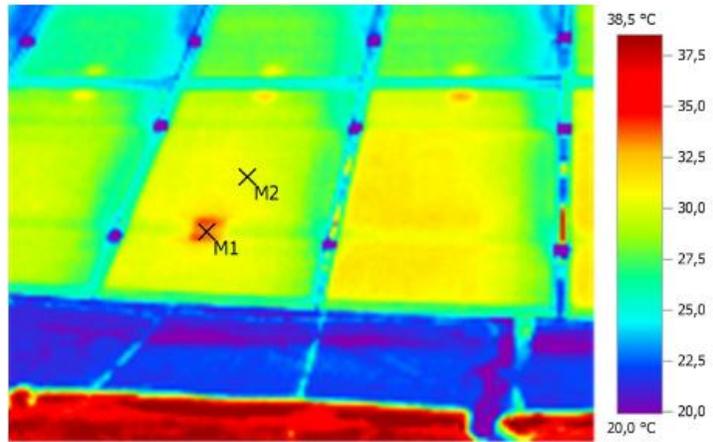
Качество и дефекты

Генеральный подрядный договор и договор на эксплуатацию и техническое обслуживание

# Обнаружение неисправностей с помощью ИК-видения

Device testo 875-2 Serial No.: 2067495

Task IR measurements at the PV-Modules



Picture data: Date: 11.05.2011  
 Measuring Time: 12:04:48  
 File: IV\_00073.BMT

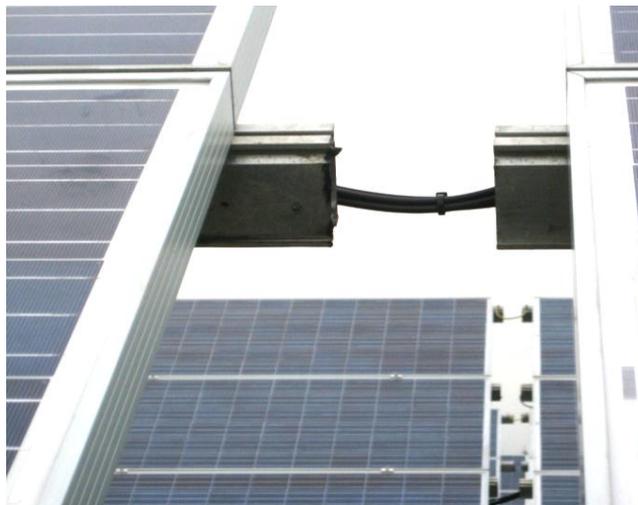
Emissivity: 0,85  
 Refl. temp. [°C]: -40,0

Picture markings:

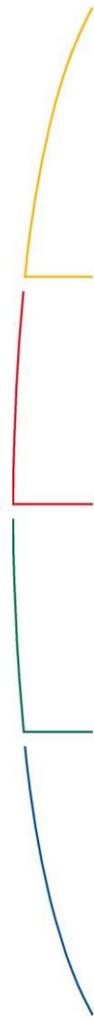
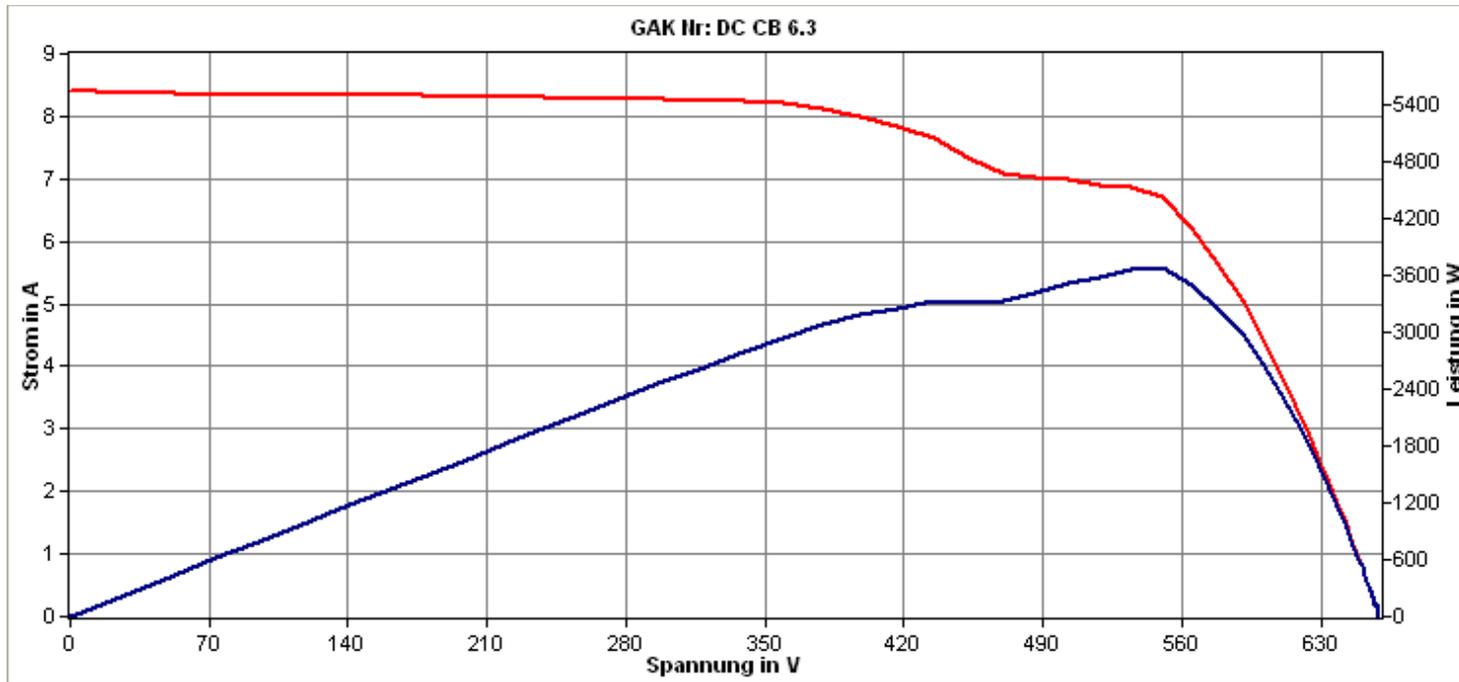
Measurement Objects	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. temp. [°C]	Remarks
Measure point 1	33,2	0,85	-40,0	Cell defect, visual check shows no result
Measure point 2	30,2	0,85	-40,0	-

Remarks: Module Ser.No. 0718114350400072210

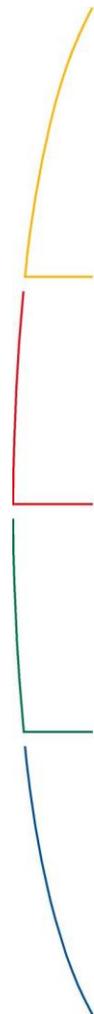
# Дефекты модулей и требуемые рукава кабелей на острых краях



# Обнаружение неисправностей с помощью измерения по графику функции независимой переменной



# Проблемы монтажа



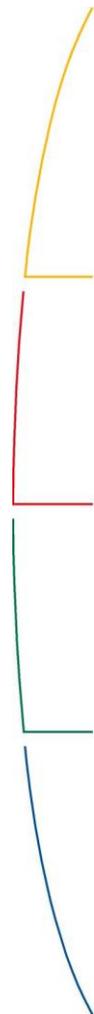
## Повреждение на монтажной конструкции



## Неправильная установка монтажной конструкции



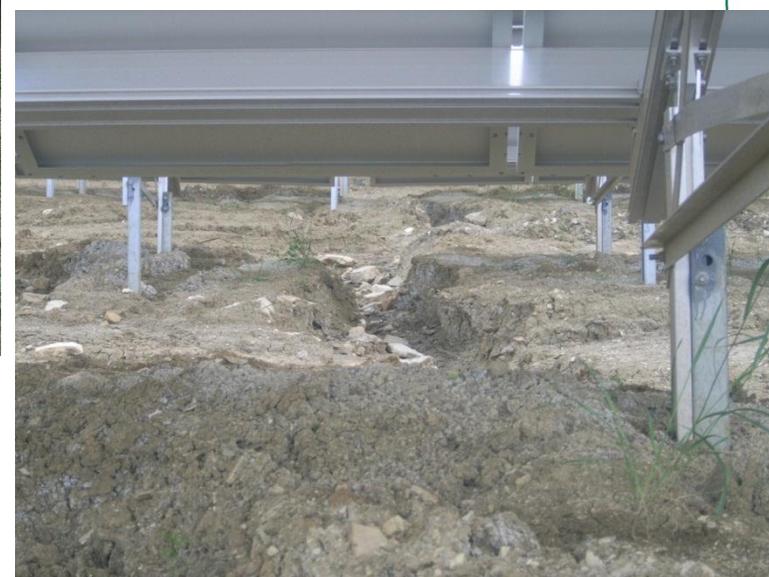
# Чрезмерная растительность и исправление положения



## Жесткие погодные условия



## Неподходящая дренажная система – эрозия



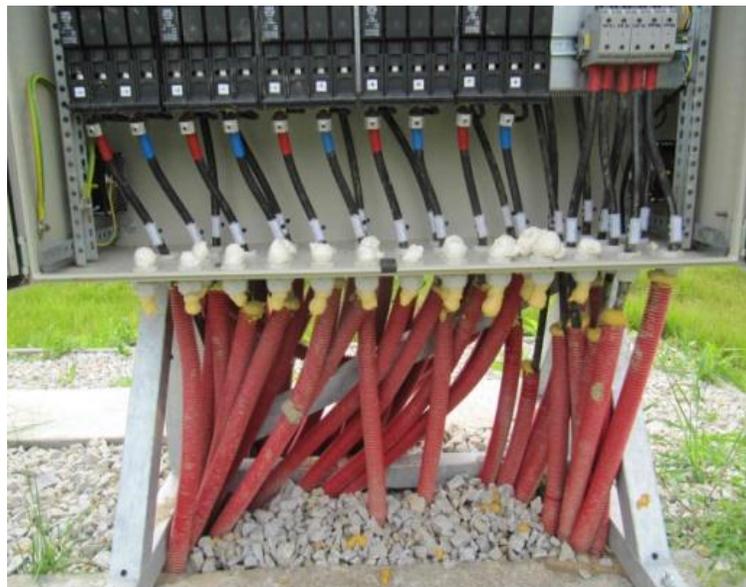
# Просачивание воды в корпус блока предварительного объединения



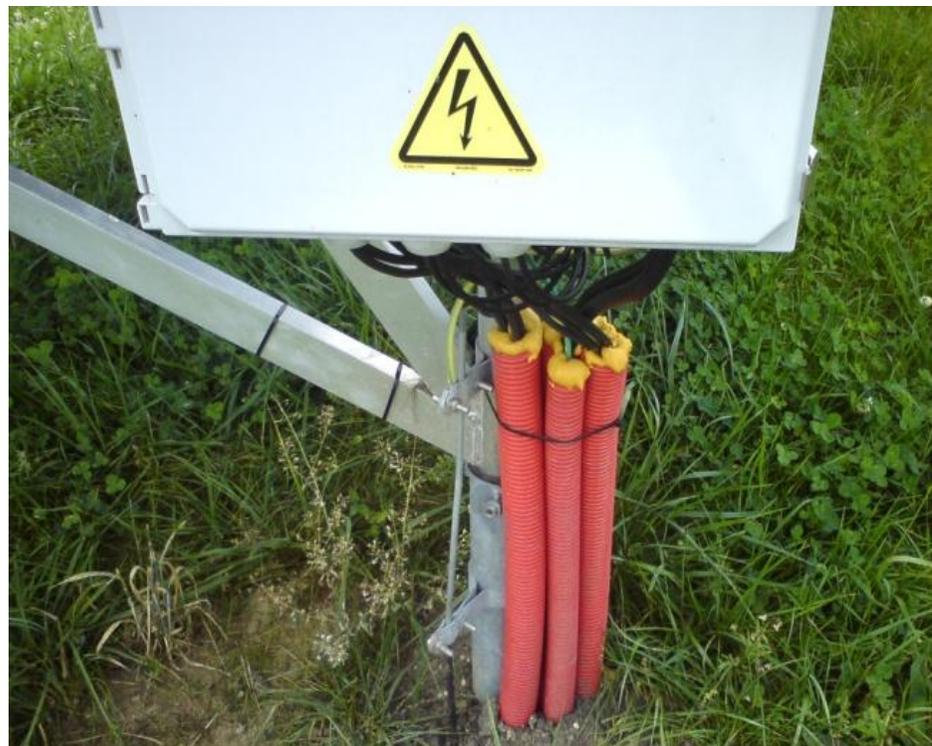
## Расплавленные кабельные соединения на блоке предварительного объединения



# Пенопластовое уплотнение кабельных вводов на корпусе блока объединения



## Пенопластовое уплотнение кабельных каналов



## Металлическая облицовка для кабельных каналов на корпусах блоков объединения



## Ошибочная установка пиранометра



## Профилактические мероприятия

- Тщательное планирование и экспертное заключение
- Мониторинг строительства на регулярной основе
- Ввод в эксплуатацию в соответствии с международными применимыми и признанными нормами
- Сумма удержания на исправление позиций по перечню недоделок (стоимость исправлений составляет макс. 4% от цены генерального подрядного договора)
- Должное профилактическое техническое обслуживание
- Проверка модулей с помощью тепловидения перед окончанием гарантийного периода
- Измерение модульных секций по графику функции независимой переменной перед окончанием гарантийного периода

# Содержание

---

Введение

Рынки и перспективы фотоэлектрической энергетики

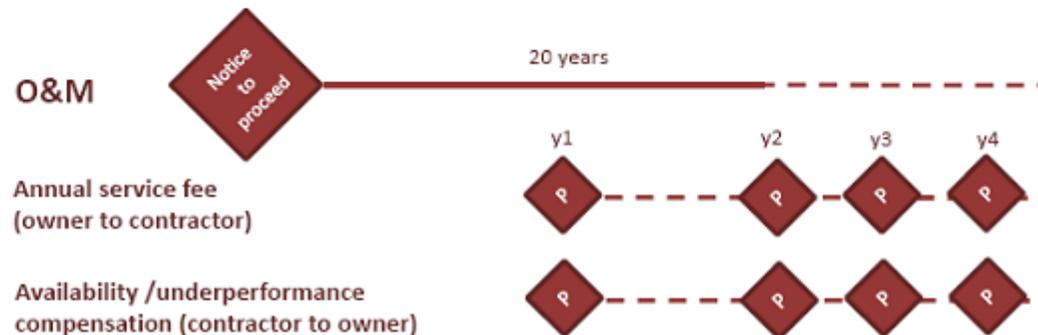
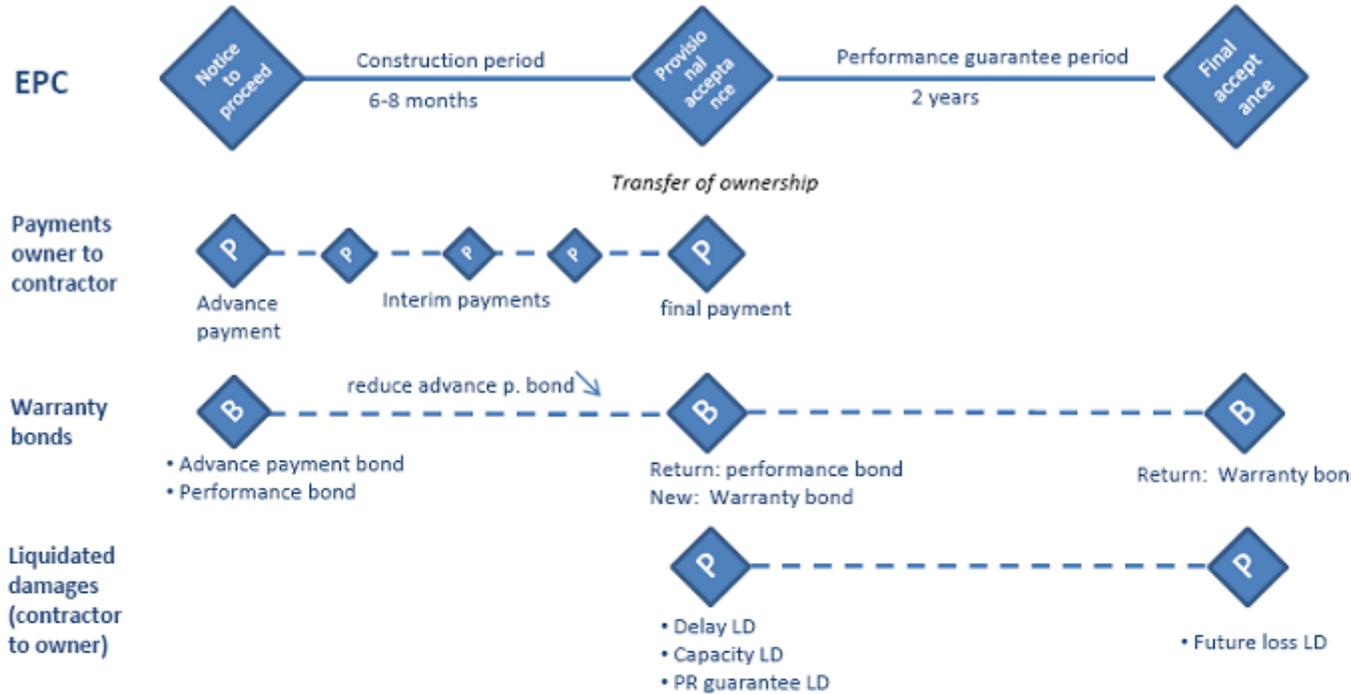
Обзор технологий фотоэлектрической энергетики

Прогнозирование выработки

Качество и дефекты

Генеральный подрядный договор и договор на эксплуатацию и техническое обслуживание

# Генеральный подрядный договор и договор на эксплуатацию и техническое обслуживание



# Основная концепция генерального подрядного договора и договора на эксплуатацию и техническое обслуживание

## Пересмотр генерального подрядного договора и графика реализации проекта

- Структура генерального подрядного договора / общая завершенность
- Объем работы
- Технические спецификации / требования владельца
- Этапы и предельный срок завершения
- Цена договора и вознаграждение
- Приемка
- Гарантии, заранее оцененные убытки (ЗОУ) и облигации
- Вопросы страхования

## Предварительная и окончательная приемка

### Гарантия производительности:

- Предоставление владельцу станции обеспечения под будущую выработку станции
- Установление минимального гарантированного коэффициента производительности (КП), достигаемого в течение 24-месячного испытательного периода

### Оговорки по договору:

- Компенсационные платежи в случае недостижения гарантированных значений (КП или выработка от 90% до 100% гарантированного значения)
- Отказ от станции вследствие недостаточной производительности (КП или выработка ниже, чем 90% гарантированного значения)
- Бонусный платеж за повышенную производительность обычно не практикуется и может приниматься только в том случае, если гарантированные значения являются рыночным стандартом

# Основная концепция генерального подрядного договора и договора на эксплуатацию и техническое обслуживание

## Пересмотр договора на эксплуатацию и техническое обслуживание

- Структура договора на эксплуатацию и техническое обслуживание / общая завершенность
- Профилактическое техническое обслуживание (регулярные услуги)
- Внеплановое техническое обслуживание (нерегулярные услуги по ремонту)
- Цена договора и вознаграждение
- Гарантии и заранее оцененные убытки (ЗОУ)
- Запасные части
- Обеспечение станции
- Вопросы страхования

# Работы по профилактическому техническому обслуживанию

- Общий визуальный обзор (+ отчеты об эксплуатации)
- Механическая часть / Профилактическое техническое обслуживание массива
  - Визуальный обзор модулей на предмет дефектов
  - Проверка целостности заземления
  - Проверка монтажной системы
  - Проверка позиций метеорологической станции
- Электрическая часть / Профилактическое техническое обслуживание массива
  - Испытание секции постоянного тока ( $V_{oc}$  и  $I_{sc}$ )
  - Проверка инвертора (отключение, присоединения, фильтр)
- Очистка модулей
- Устранение растительности (с помощью косилок или овец)
  - Предотвращает затенение
  - Дает возможность надлежащей работы вентиляторов
- Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание составляют примерно 20 € / кВт / год (около 1% от цены генерального подрядного договора за МВт)

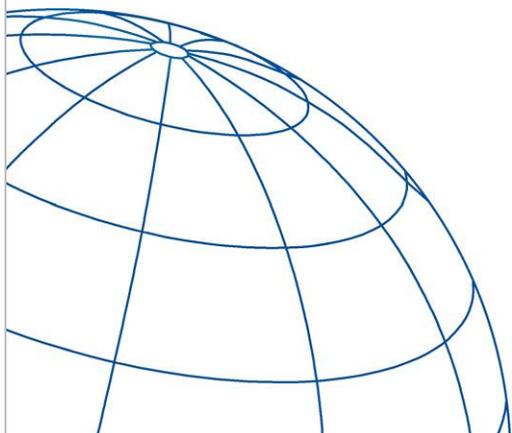
## Затраты на техническое обслуживание

- Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание составляют примерно 20 - 25 € / кВт / год
- Замена инверторов (примерно на 8-м – 15-м году; на 10-м году производится моральное перевооружение или продляется гарантия)
- Замена модулей (0,1% - 1% от общего количества; 0,1% на складе запчастей)
- Постоянное обновление склада запчастей

## Вызовы для фотоэлектрической энергетики

- Управление качеством и ростом в секторе фотоэлектрических станций
- Выживание при наличии конкуренции в секторе производства модулей
- Интеграция с магистральной сетью / аккумулярование
- Дальнейшее снижение затрат посредством
  - Повышения эффективности модулей
  - Улучшения процессов производства модулей
  - Снижения сальдо стационарных затрат
- Требования к площадке (спрос на земельные участки и т.п.)
- Затраты на финансирование (доверие финансового сектора; риски, связанные с событиями в стране)
- Низкая стоимость ископаемых видов топлива (или даже субсидии на них)
- Недостаточное или ненадлежащее стимулирование

# Спасибо!



CONSULTING & IT



ENERGIE



UMWELT



WASSER & INFRASTRUKTUR