



Возможности применения фотоэлектрических панелей в остеклении зданий

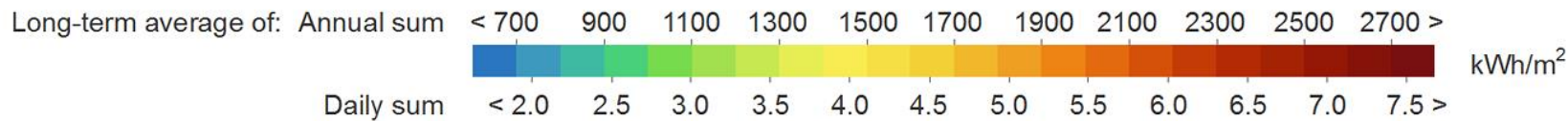
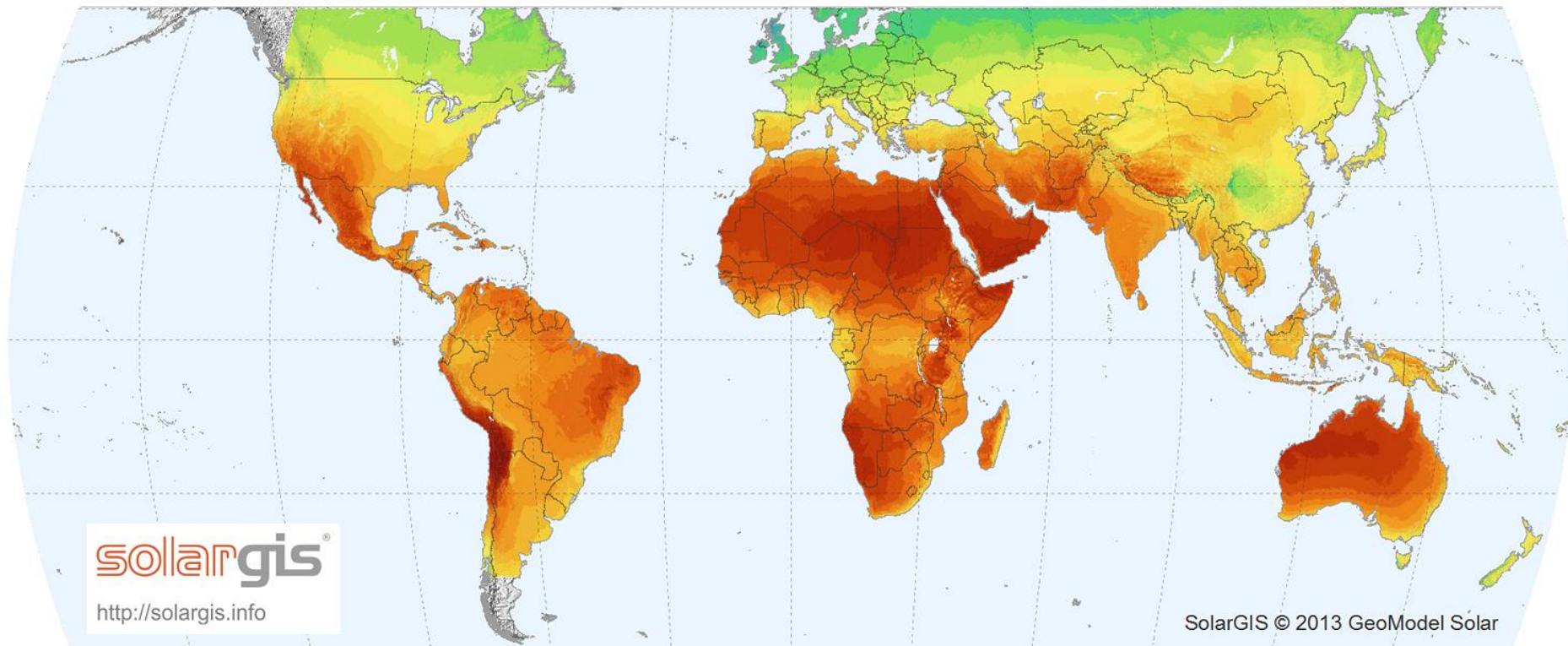
Станислав Чесноков
ОАО «Институт стекла»

Солнечная энергия

WORLD MAP OF GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION



GeoModel
SOLAR

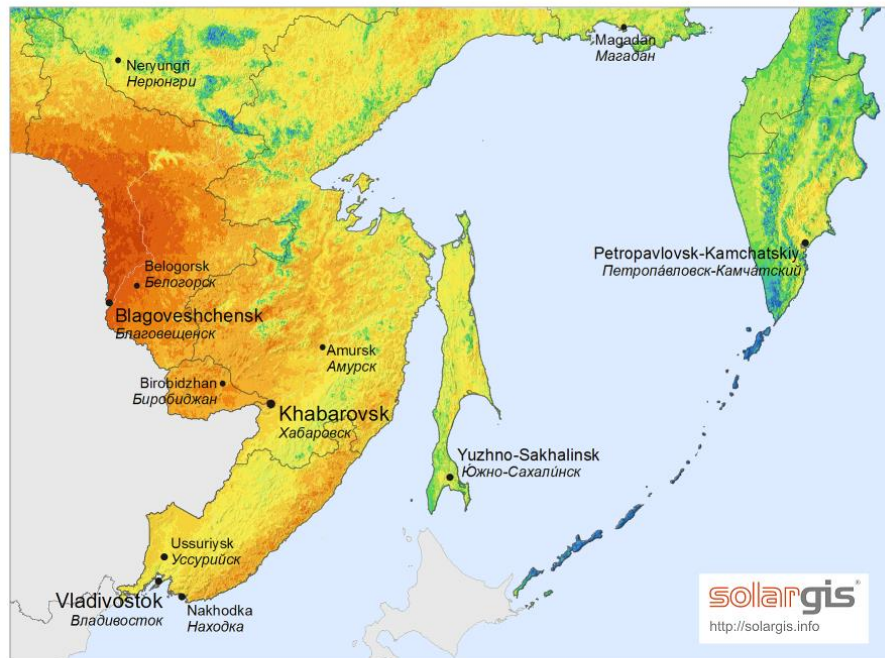


Поток солнечной энергии для Дальнего Востока



Direct Normal Irradiation

Far East, Russia



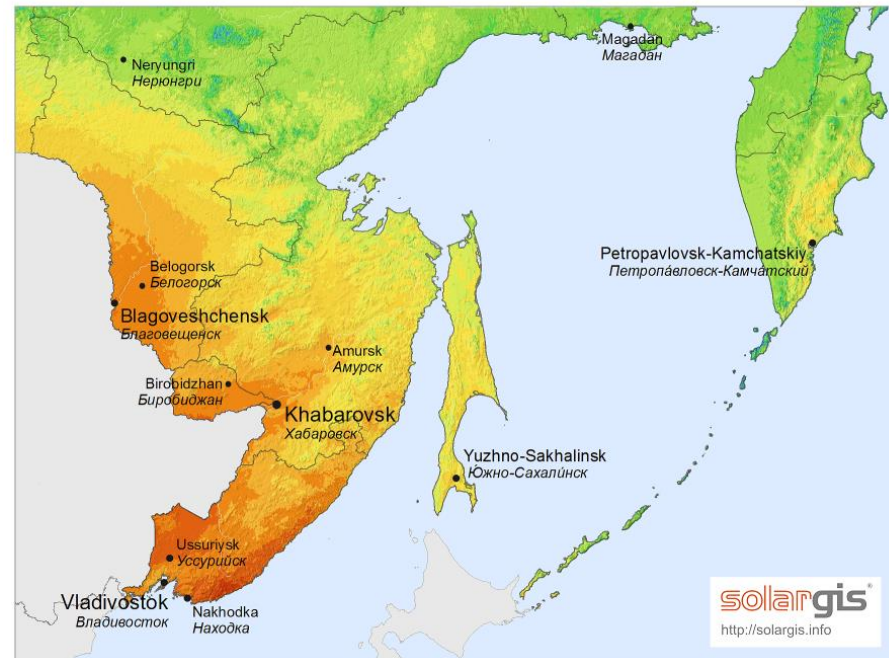
Annual sum of direct normal irradiation, average 2007-2012



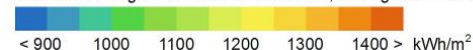
SolarGIS © 2013 GeoModel Solar

Global Horizontal Irradiation

Far East, Russia



Annual sum of global horizontal irradiation, average 2007-2012

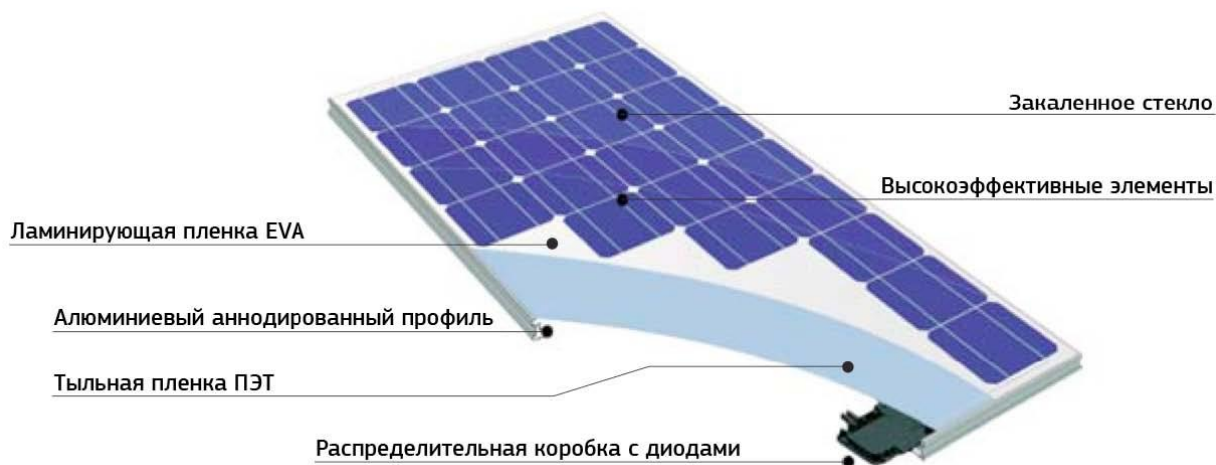
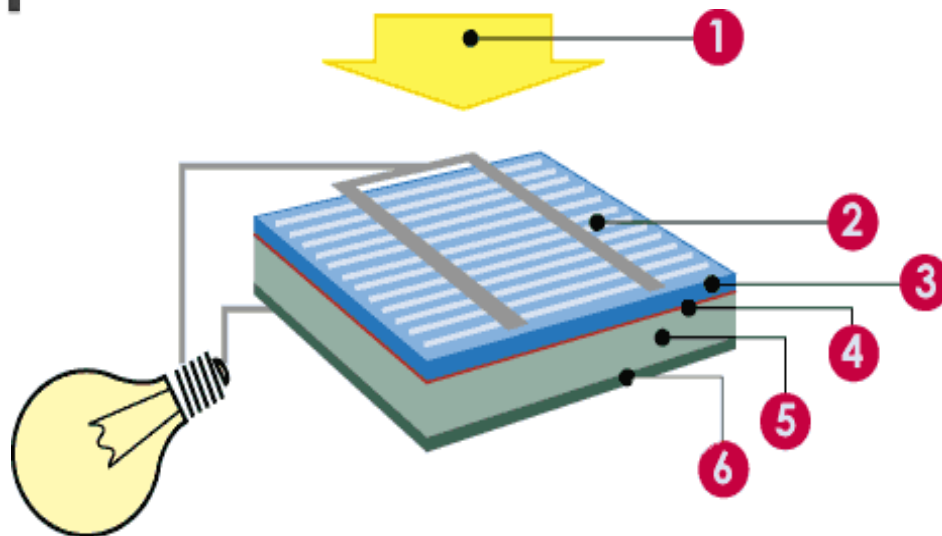


SolarGIS © 2013 GeoModel Solar

Структура фотоэлемента и солнечной батареи



- 1 – поток фотонов,
- 2 – проводники,
- 3 – негативный n-слой,
- 4 – слой n- перехода,
- 5 – положительный p-слой,
- 6 – задний контакт.



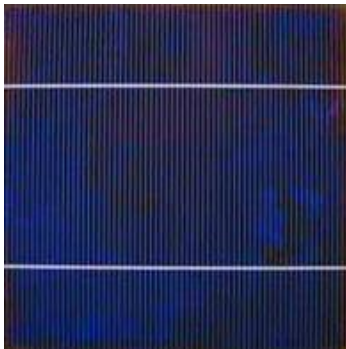
Батарея ФСМ - 250

Примеры кремниевых фотоэлементов

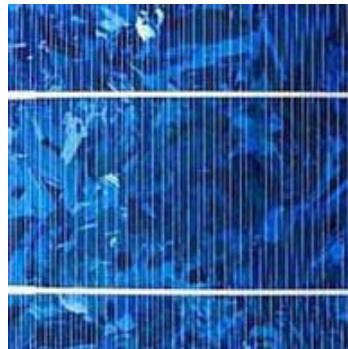


1. **Солнечные элементы из монокристаллического кремния - КПД 15-22 %;** изготавливаются с использованием кристалла кремния
2. **Солнечные элементы из поликристаллического или мультикристаллического кремния - КПД 12-17 %;** получают путем охлаждения кремниевого расплава
3. **Солнечные элементы из аморфного кремния - КПД 6-16 %;** получают в результате напыления в вакууме на пластик, стекло или фольгу высококачественного металла тончайших слоев кремния.

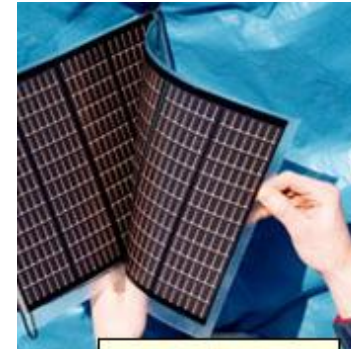
1.



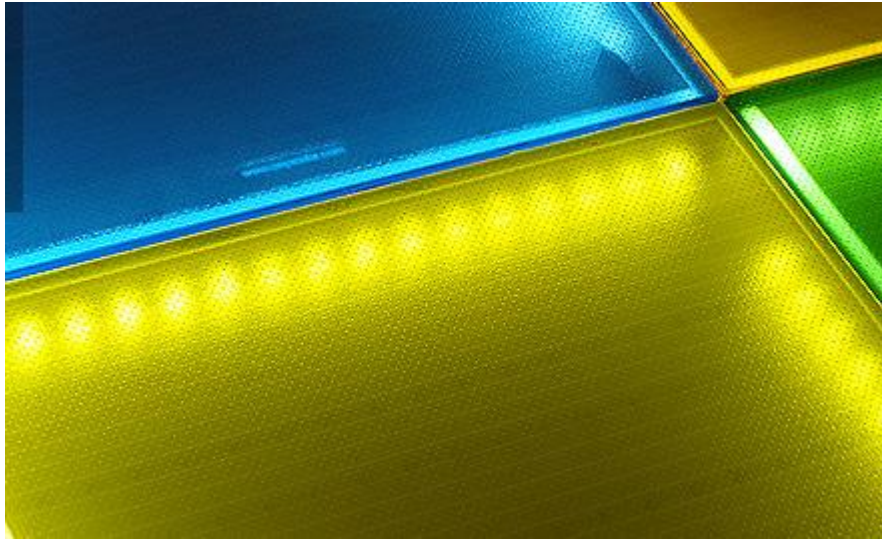
2.



3.



Новинки фотовольтаики – цвет



Напольные покрытия



Цветные полупрозрачные
стеклянные
тонкопленочные батареи



Новинки фотовольтаики – фасады

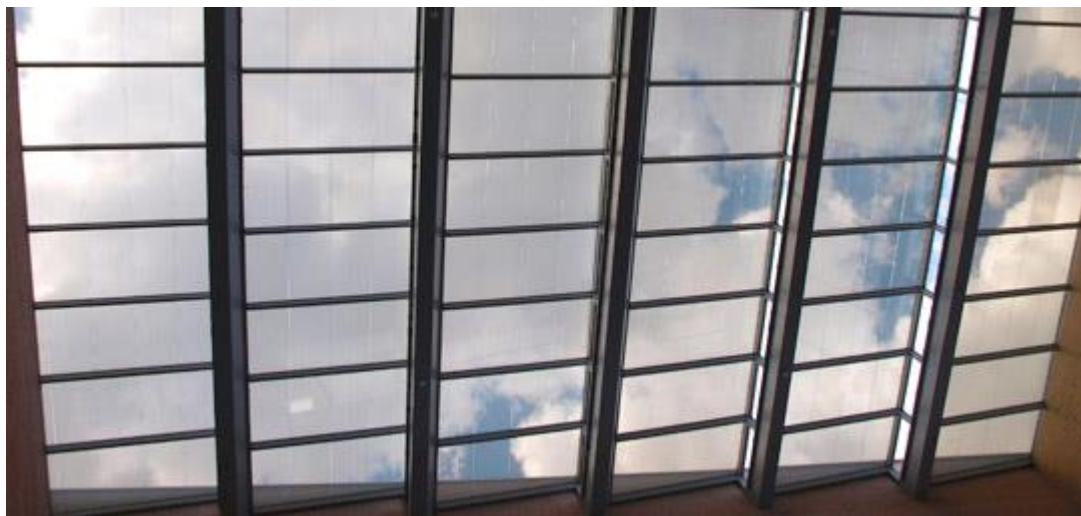


Стеклопакеты с солнечной
батареей вместо стемалита

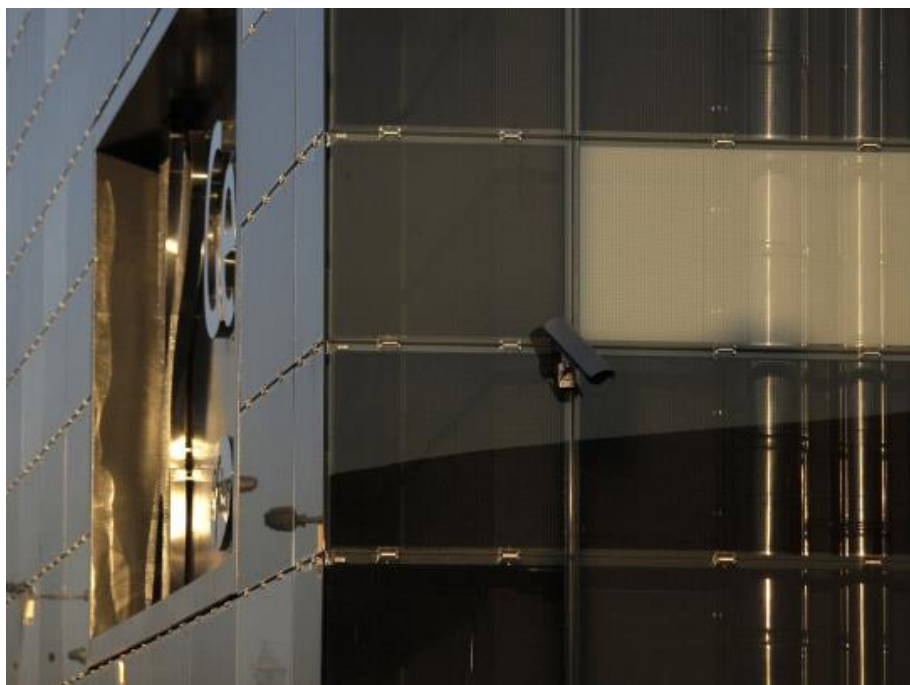


Фасадные конструкции с
комбинацией цвета и
степени прозрачности

Новинки фотовольтаики – зенитные фонари



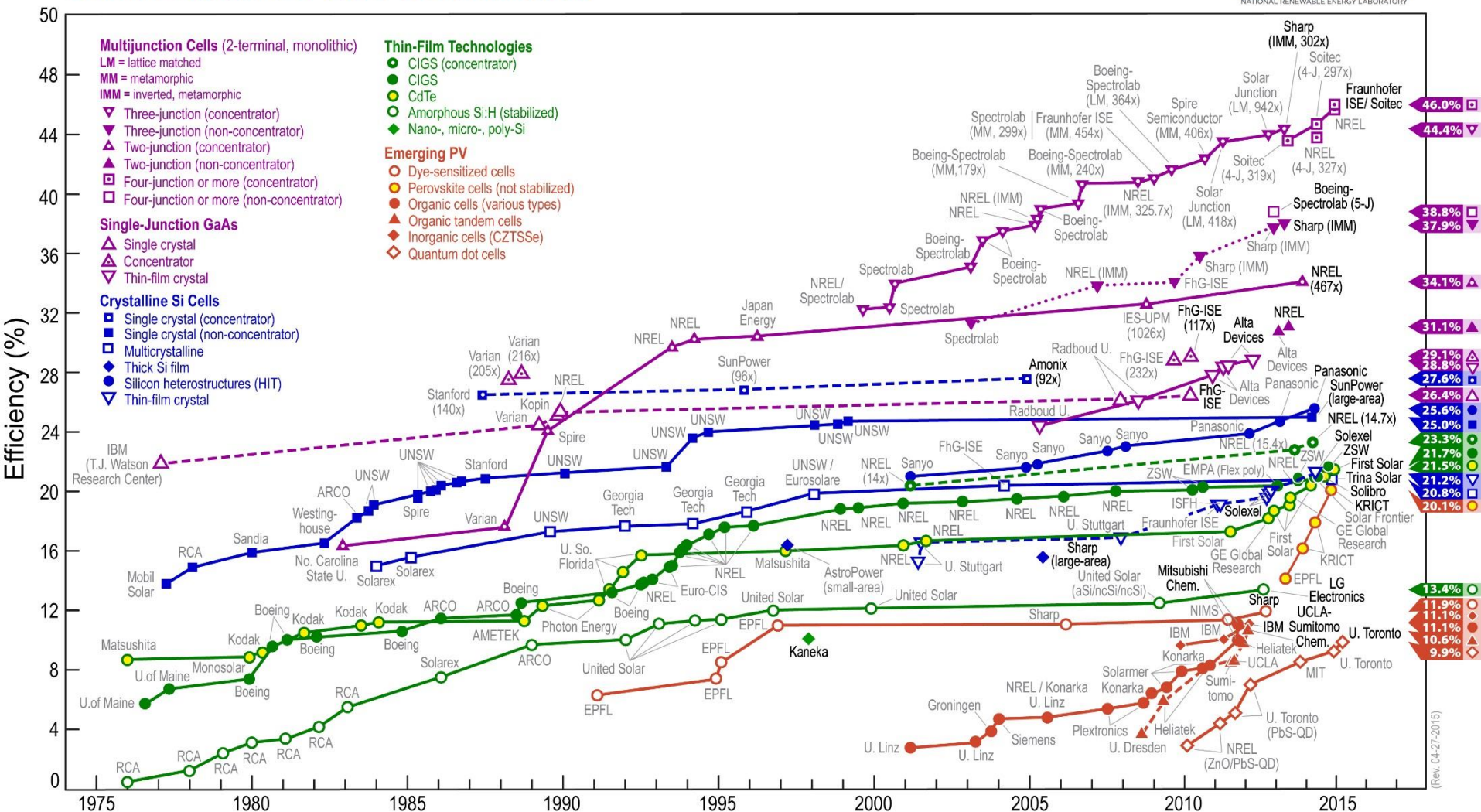
Новинки фотовольтаики – многослойное и многофункциональное стекло



Эффективность различных видов солнечных модулей



Best Research-Cell Efficiencies



Прогноз потребления энергии



Солнечная энергетика



Глобальное производство солнечной энергии

Установленная мощность солнечной энергетики в 2012 году в ГВт



Динамика глобальной установленной мощности в ГВт



Источники: EPIA 2013; ASE/W.Hoffmann | Все данные приведены в гигаваттах (ГВт)

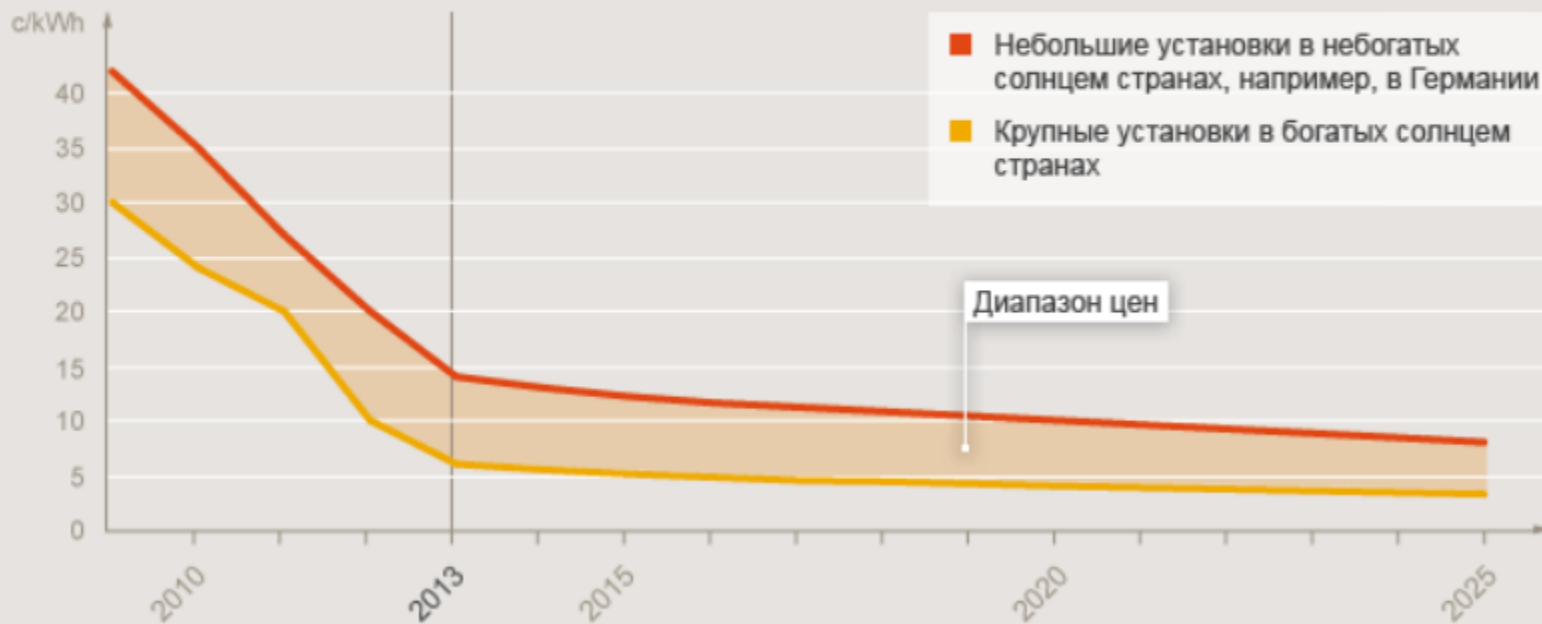
© DW

Стоимость кВт*ч солнечной энергии



Стоимость производства солнечной энергии

Динамика и прогноз себестоимости электричества из энергии солнца
(данные в евроцентах за киловатт-час)



Источники и прогнозы: Fraunhofer ISE; Philippe Welter (Photon); EPIA

© DW

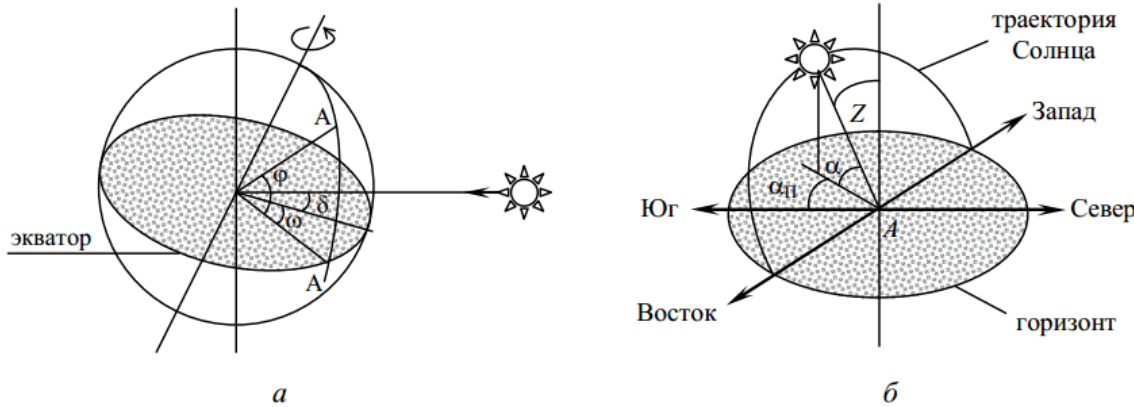


«Паритет материалов»

- ▶ Стоимость «классических» строительных материалов и комплектующих растет;
- ▶ Стоимость компонентов фотовольтаики падает;
- ▶ Складывается ситуация, когда решения с использованием фотовольтаики оказываются не дороже «классических».



Инсоляция в зависимости от ориентации солнечной батареи



Основные и дополнительные углы движения Солнца: а — схема кажущегося движения солнца по небосводу; б — углы, определяющие положение точки А на земной поверхности относительно солнечных лучей

φ - широта местоположения,
 β - угол наклона к горизонту,
 α - азимут,
 ω - часовой угол,
 δ - угол солнечного склонения,
 определяемый по формуле (1),
 где n – порядковый номер дня в году

$$\delta = 23,45 \sin \left(\frac{2\pi}{365} (n - 81) \right) \quad (1)$$

Угол падения солнечных лучей на произвольно ориентированную поверхность

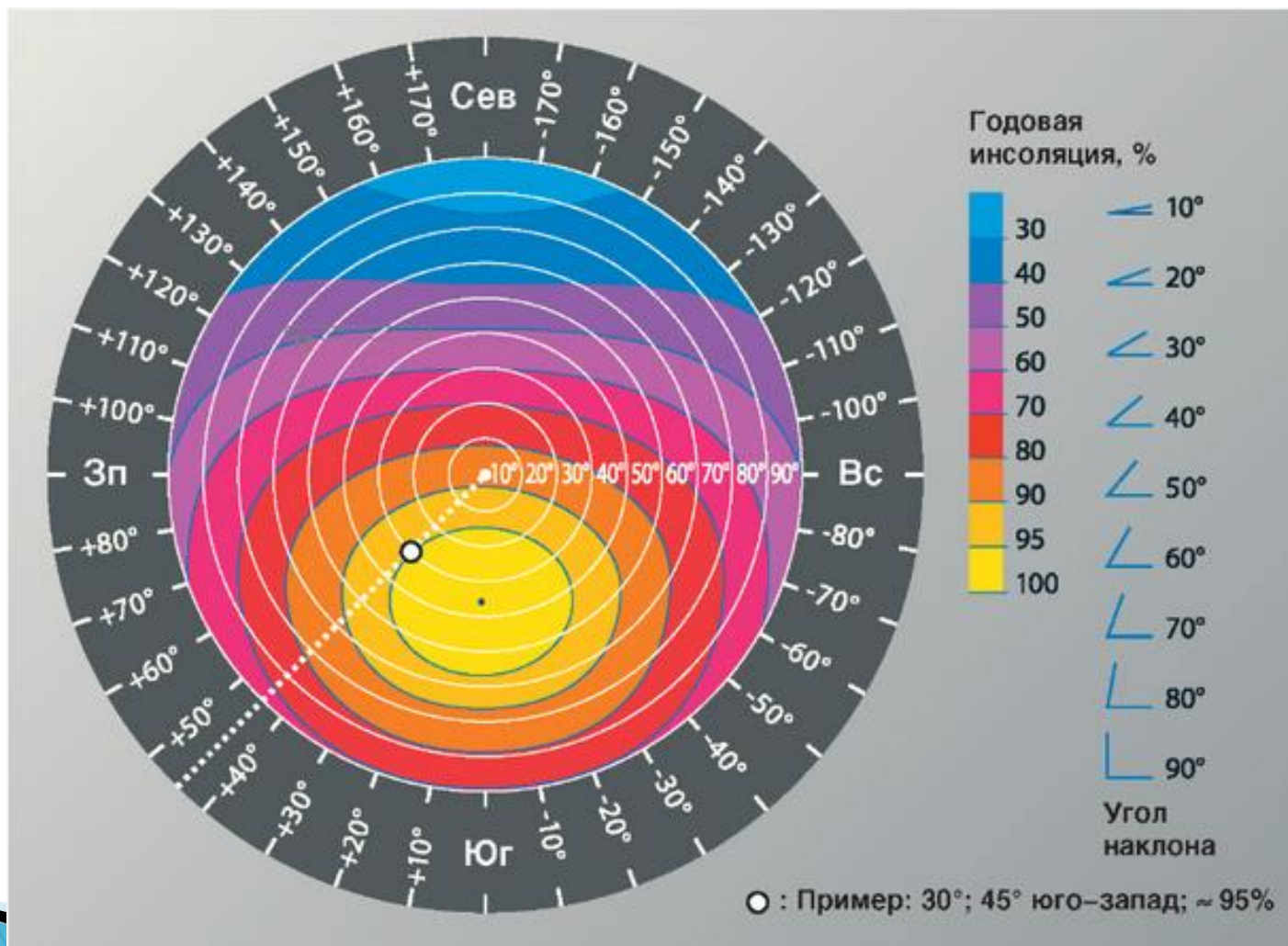
$$\cos i = \sin \beta \cdot [\cos \delta \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \alpha \cdot \cos \omega + \sin \alpha \cdot \sin \omega) - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha] + \cos \beta \cdot (\cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi) \quad (2)$$

При $\beta=0$

$$\cos i = \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi \quad (3)$$



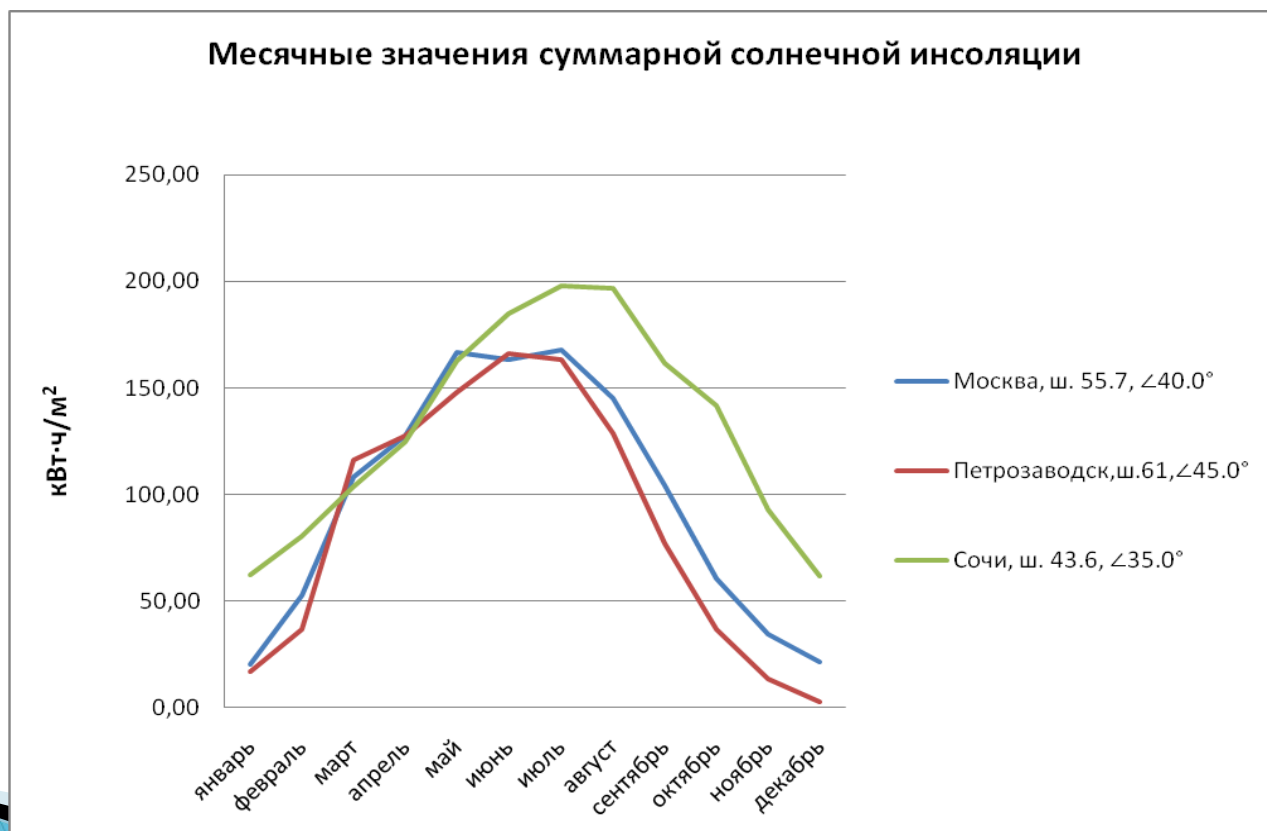
Инсоляция в зависимости от ориентации солнечной батареи



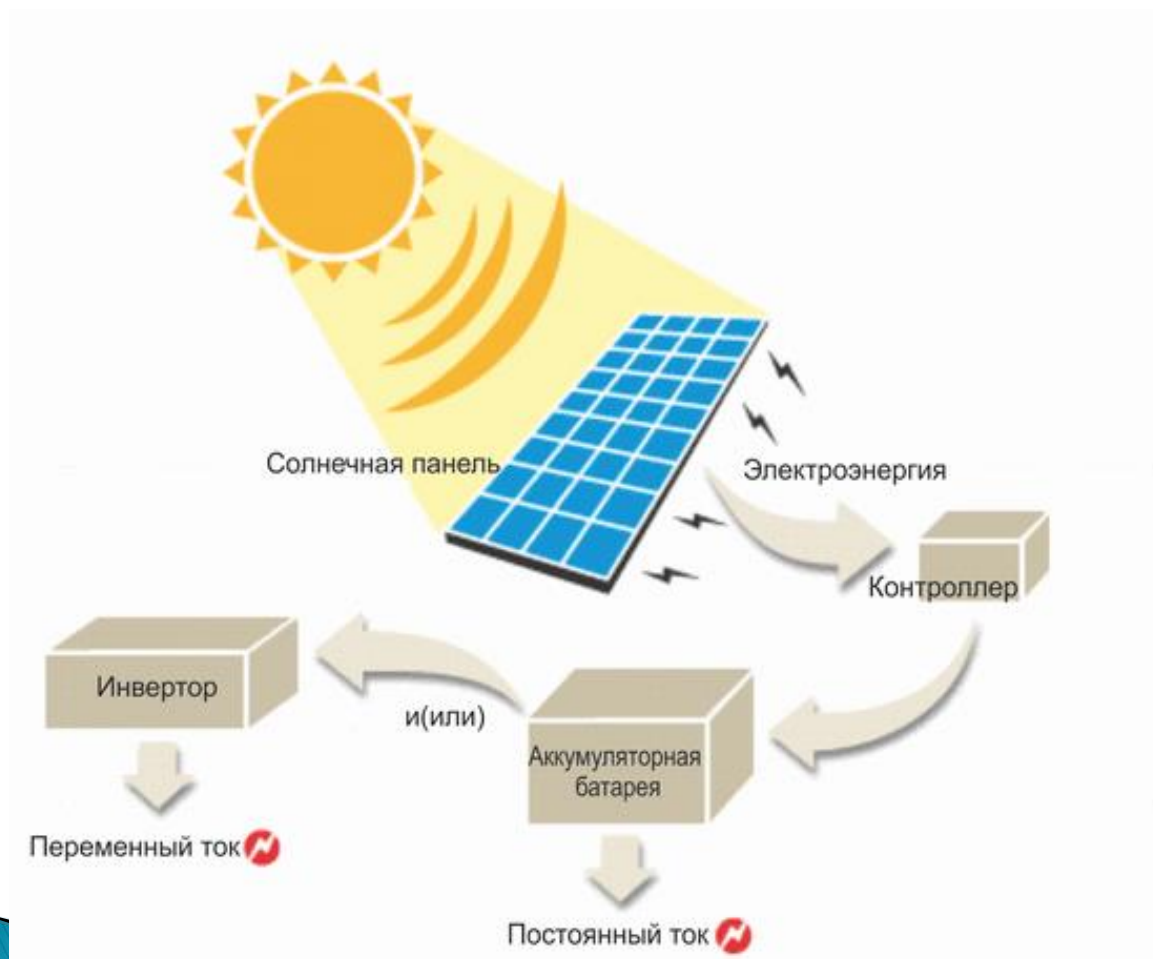


Инсоляция

Инсоляция — облучение поверхностей солнечным светом или поток прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность. Берется из таблиц на основе многолетних наблюдений в зависимости от региона.



Солнечные фотосистемы



- ▶ **Автономные;** при отсутствии сети;
- ▶ **Неавтономные;** подключаются к сети



Накопление энергии (пример)

- ▶ Для накопления выработанной в солнечное время дня энергии обычно используются аккумуляторы.
- ▶ Например, для солнечных батарей номинальной мощностью около 1 кВт рекомендуются батареи общей емкостью 800 А*ч (4 × 200 А*ч) и массой 260 кг.



Расчет генерируемой энергии



W - вырабатываемое количество энергии,

$$W(\text{кВт} \cdot \text{ч}) = \frac{k * P(\text{Вт}) * E(\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2)}{O(\text{Вт} / \text{м}^2)} \quad (4)$$

P - суммарная мощность солнечных батарей системы,

O – освещенность, при которой происходило вычисление номинальной мощности батарей, составляющая 1000 Вт/м²

E - значение инсоляции, которое зависит от местоположения системы,

k – коэффициент в пределах (0,55; 0,7), который учитывает потери связанные с нагреванием солнечных батарей, потери на инвертор и зарядку аккумуляторных батарей и потери в соединительных кабелях.

Прежде, чем будут рассматриваться варианты системы, будут проведены предварительные оценки времени окупаемости в расчете на единицу номинальной мощности солнечных батарей (пиковатт) W_p . В результате формула примет следующий вид:

$$W_p = \frac{k * E}{O} \quad (5)$$

Методика расчета



Рассчитывается количество ожидаемой выработанной энергии за год на единицу номинальной мощности солнечных батарей (пиковатт) в зависимости от способа их монтажа и местоположения системы на основе данных из таблиц инсоляции.



Рассчитывается стоимость выработанной энергии с учетом прогноза изменения стоимости электроэнергии в расчете на пиковатт.



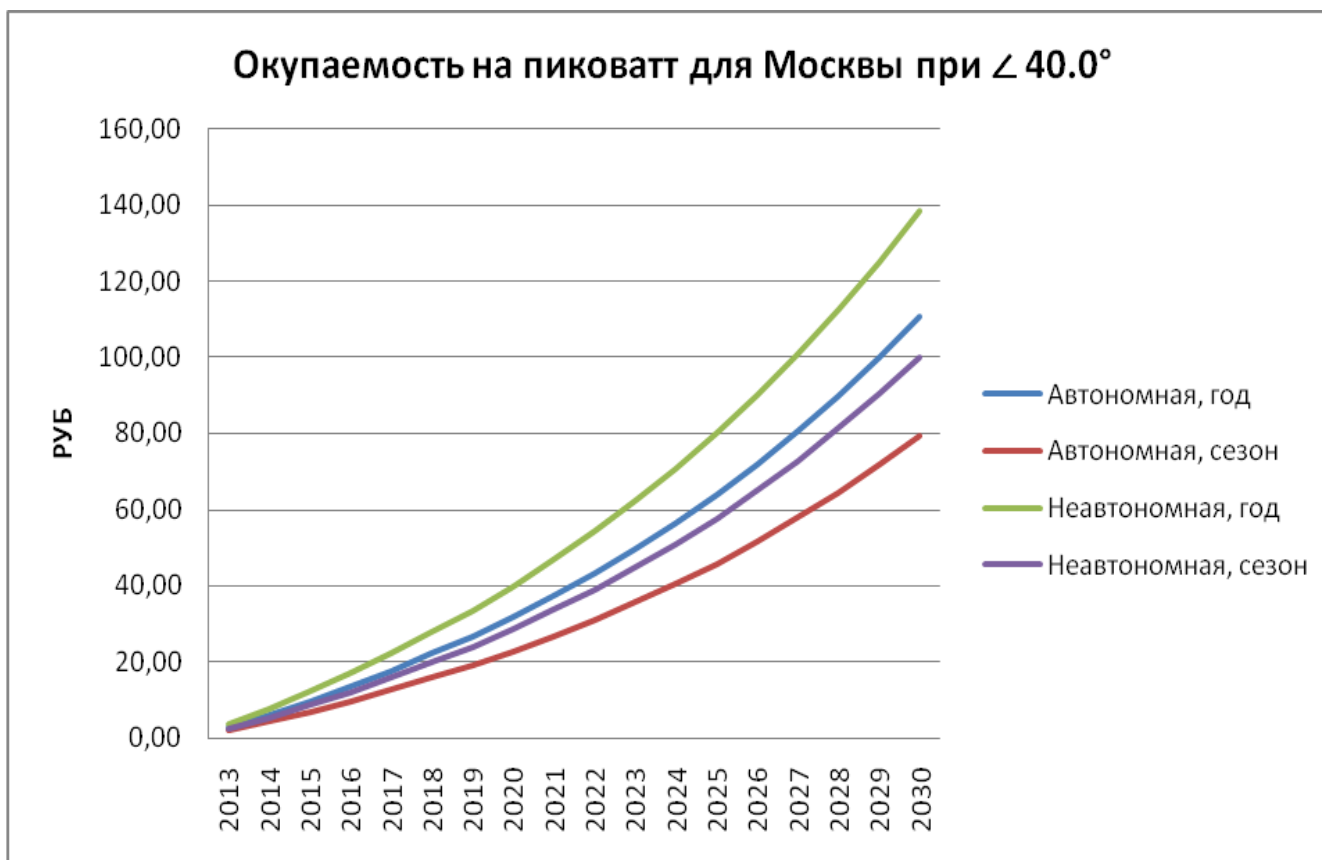
Строятся графики окупаемости по годам в расчете на пиковатт, считая, что вся выработанная энергия будет использована.



По стоимости системы в расчете на пиковатт можно будет сразу определить, в каком году для данного региона она окупится.

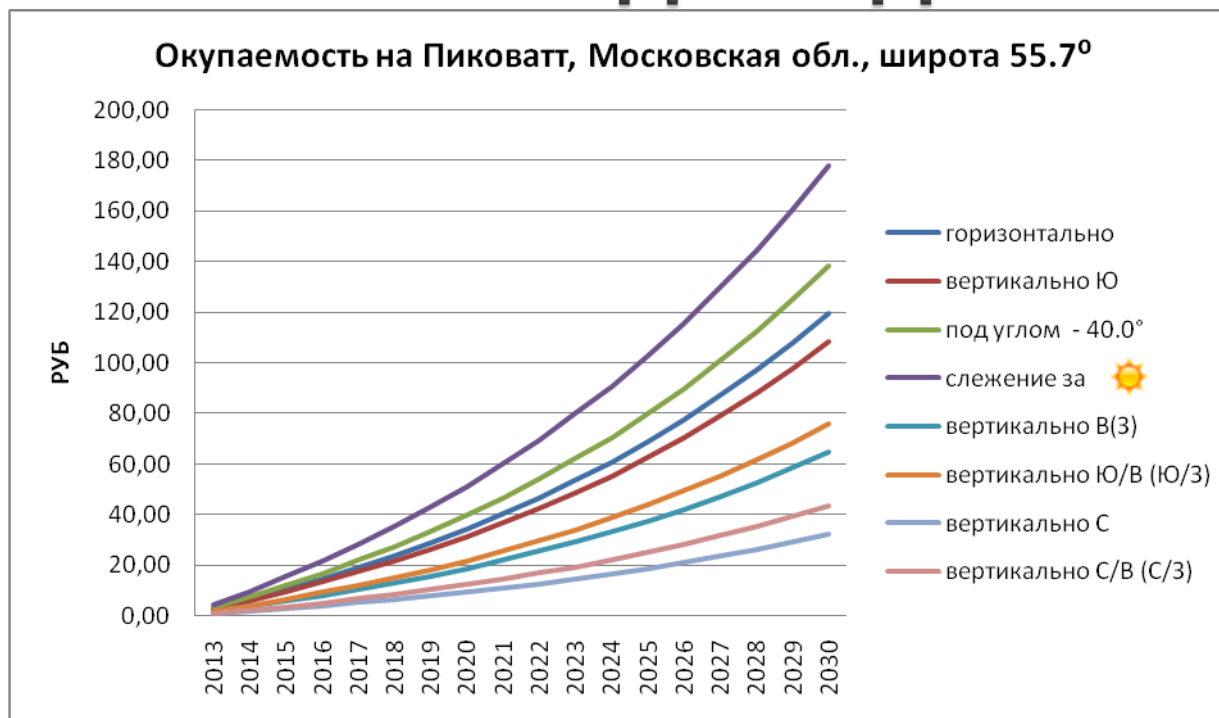


Сравнение окупаемости пиковатта различных систем





Примеры окупаемости солнечных систем для зданий



Составная система	батареи	ФСМ-230 *22	ФСМ-230 *90
	инвертор	StecaGrid 4200 (Coolcept)	StecaGrid 10000+3ph
Мощность системы Вт		5060	20700
Стоимость системы РУБ		350 000	1 300 000
Стоимость пиковатта РУБ		69	63
Окупаемость год	на южной стороне	2025	2024
	на крыше под $\angle 40.0^\circ$	2024	2023
	слежение за ☀	2022	2021

Перспективы ближайшего будущего



- ▶ Падение стоимости солнечных модулей ниже 0,5 USD/Вт, 50 USD/м².
- ▶ Рост эффективности тонкопленочных модулей до 20% и более.
- ▶ Расширенные возможности комбинирования видов остекления и солнечных батарей.



Источники информации

- ▶ Раздел «Статьи» на сайте ОАО «ГИС» (<http://glassinfo.ru/index.php?page=page42>)
- ▶ GeoModel Solar (<http://geomodelsolar.eu/>)
- ▶ Система SolarGIS (<http://solargis.info/>)
- ▶ EPIA (European Photovoltaic Industry Association, <http://www.epia.org>)



Спасибо за внимание!

ОАО «Институт стекла»
Отдел стандартизации и испытаний
Испытательный центр «Стекло»

Телефон: +7 (495) 363-96-87

Факс: +7 (495) 363-96-88

e-mail: sachesnokov@glassresearch.ru

Web: www.glassinfo.ru