

Poulek V.

Прага, Чешская республика

Стребков Д.С.

Москва, Россия

Персиц, И.С.

Москва, Россия

Libra M.

Прага, Чешская республика

**Технология и применение
фотоэлектрических панелей с
заполнителем из силиконовго геля в
Арктике и Сибири**

Введение

Сейчас большинство (более 99%) фотоэлектрических панелей ламинируются в EVA пленке с низкой температурной устойчивостью **-30 (-40) +80° C** и низкой химической инертностью.

С 2008 года компания TRAXLE вместе с российскими учеными из ФГБНУ ВИЭСХ разработала промышленную технологию ламинирования солнечных фотоэлектрических панелей силиконовым гелем, которая подходит для высоких **+115 ° C** и низких **-60 ° C** температур .

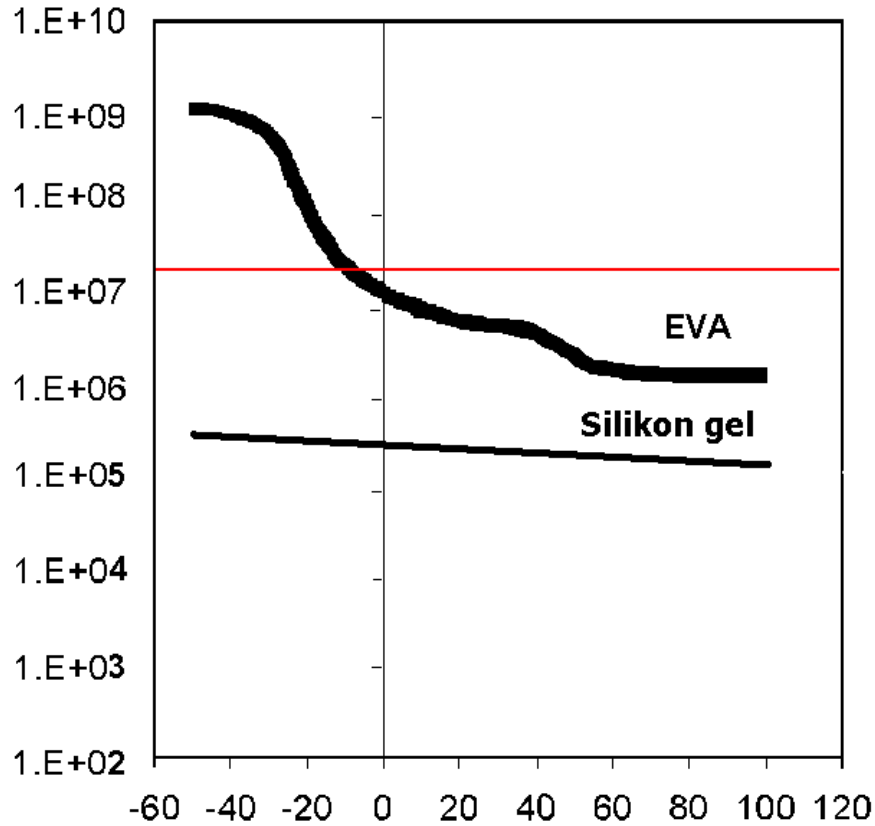
Сравнительная таблица :EVA и герметика с силиконовым гелем

	Модуль с наполнителем EVA	Модуль с наполнителем из геля
Срок службы модуля	20-25 лет	40-50 лет
диапазон эксплуатации	-40°C - +85°C	-60°C - +110°C
Рабочая температура окружающей среды.	-40°C - +50°C	-60°C - +60°C
деградация	20% - 25% за 25 лет	5% за 25 лет
противопожарный	нет	да

Механизм появления трещин на фотопреобразователях, как и большинство причин отказов солнечных модулей, связан со свойствами капсулирующего материала — перекисно-отверждаемой пленки на основе сополимера этилена с винилацетатом ЭВА (EVA).

Механические свойства этого материала, в частности, модуль упругости (основной показатель жесткости) очень сильно зависят от температуры. Так, при понижении температуры от комнатной до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ значения модуля упругости увеличиваются на 2 порядка.

модуль упругости Pa



Температура оС

Модуль упругости силиконового геля является почти постоянным в диапазоне температур от 100 °С до -60 °С. При температуре -60 °С модуль упругости силиконового геля примерно в 10,000 раз ниже по сравнению с ЭВА (EVA).

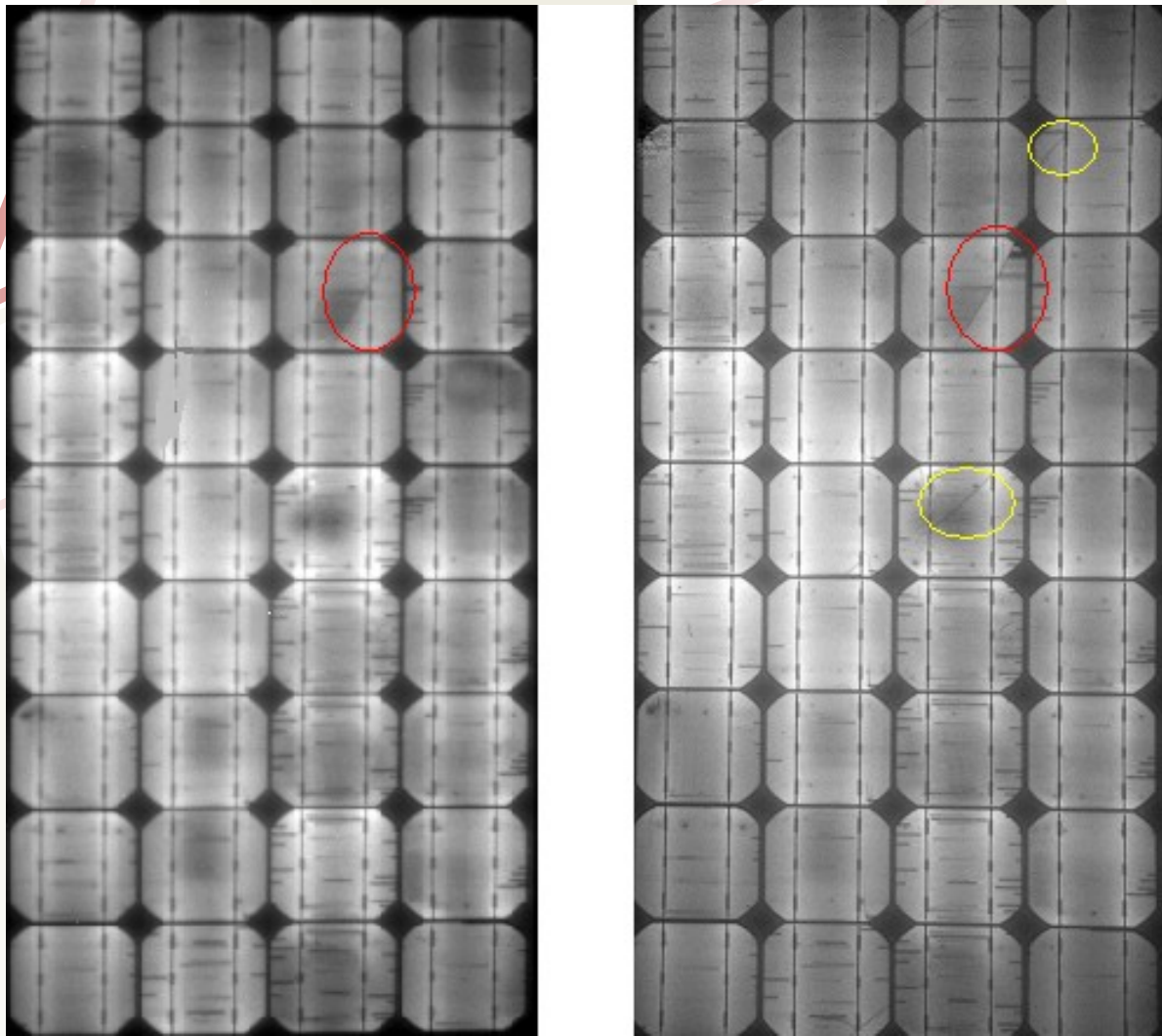
Чтобы подтвердить теорию, мы устроили циклический изгиб фотоэлектрических панелей при низкой температуре -60°C .

Мы протестировали 2 комплекта почти идентичных по 90W моно-Si панелей, ламинированных герметиком со стандартной EVA и силиконовым гелем с низким модулем упругости.

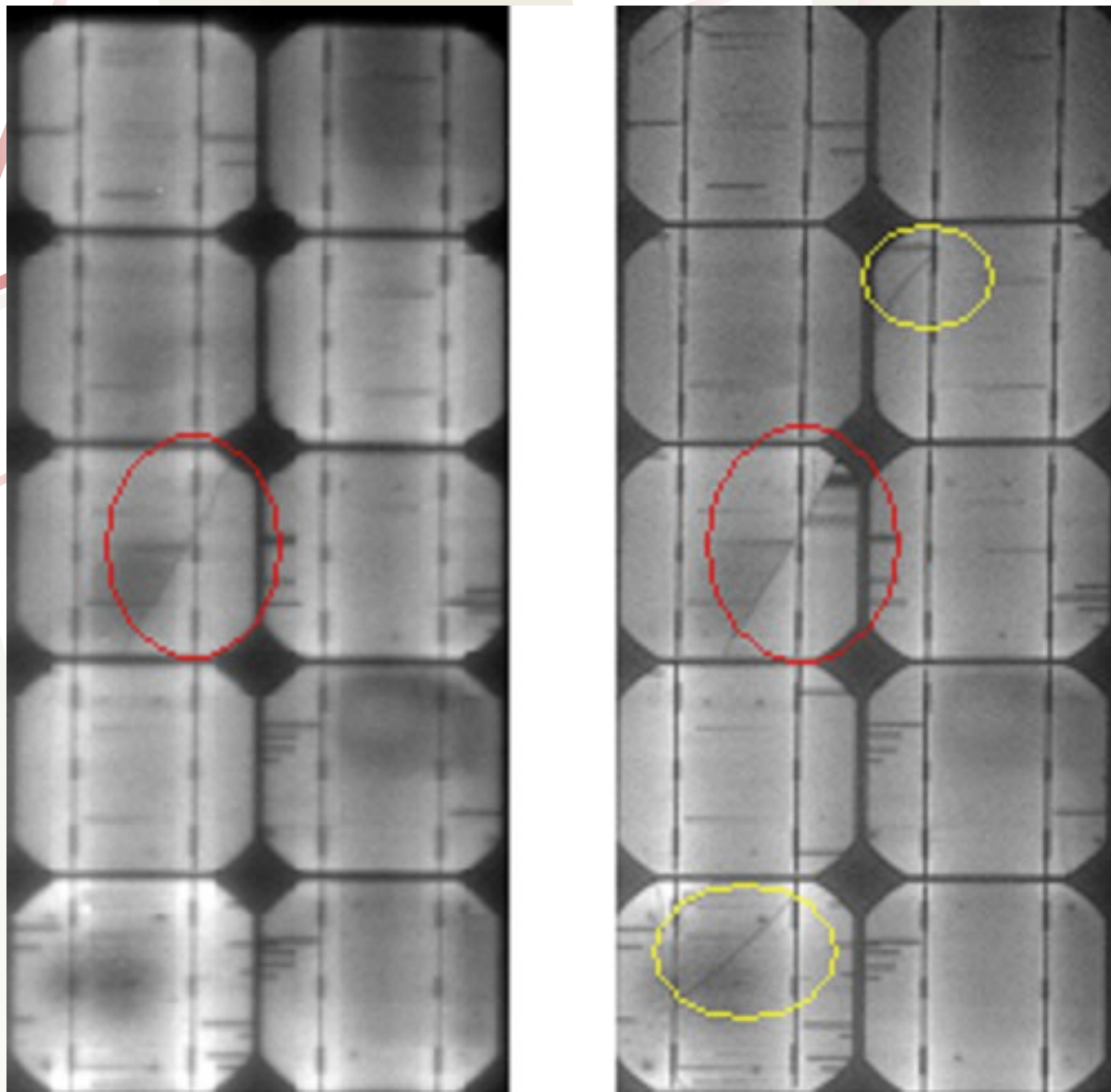
Обе панели изгибались в нагрузке 5400Pa на частоте 1 Гц. Типичная деформация (изгиб) составляет около 10 мм.

Перед нагрузочным тестированием панели были исследованы методом электролюминисценции, чтобы обнаружить трещины в солнечных батареях, возникающие в процессе испытаний.

Обе панели имели $200 + 2000 + 2000 = 4200$ циклов деформации.



Фотография электролюминисценции солнечных панелей до и после 4200 циклов деформации при температуре $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$



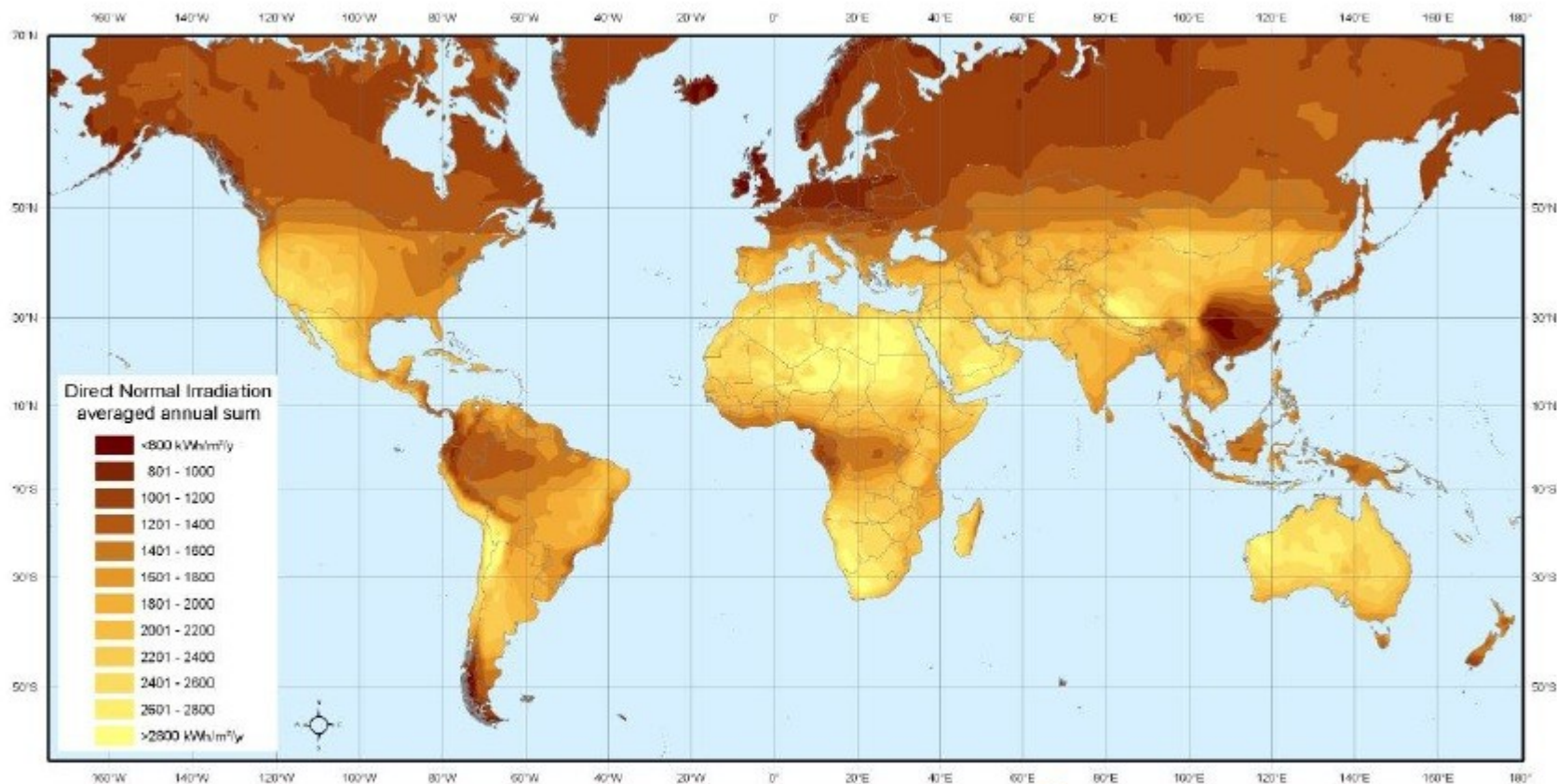
Подробная фотография

На слайдах показана фотография электролюминисценции EVA ламинированных панелей до тестирования циклической нагрузкой и после 4200 циклов нагружения.


Красные эллипсы соответствуют трещинам в солнечных элементах, полученных при производстве панелей, желтые эллипсы обозначают трещины, полученные при испытаниях.

В эксперименте были повреждены суммарно 17 солнечных элементов в 5 EVA ламинированных панелях после 4200 циклов изгибов, соответствующих примерно 2 годам работы в арктических условиях.

С другой стороны, не было повреждений в солнечных элементах ламинированных панелей с силиконовым гелем после циклической нагрузки при температуре -60°C .



Data based on NASA SSE 6.0 dataset for a 22-year period (July 1983 - June 2005)
[\(http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/\)](http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/)

Map created and map layout by  2008
<http://www.dlr.de>

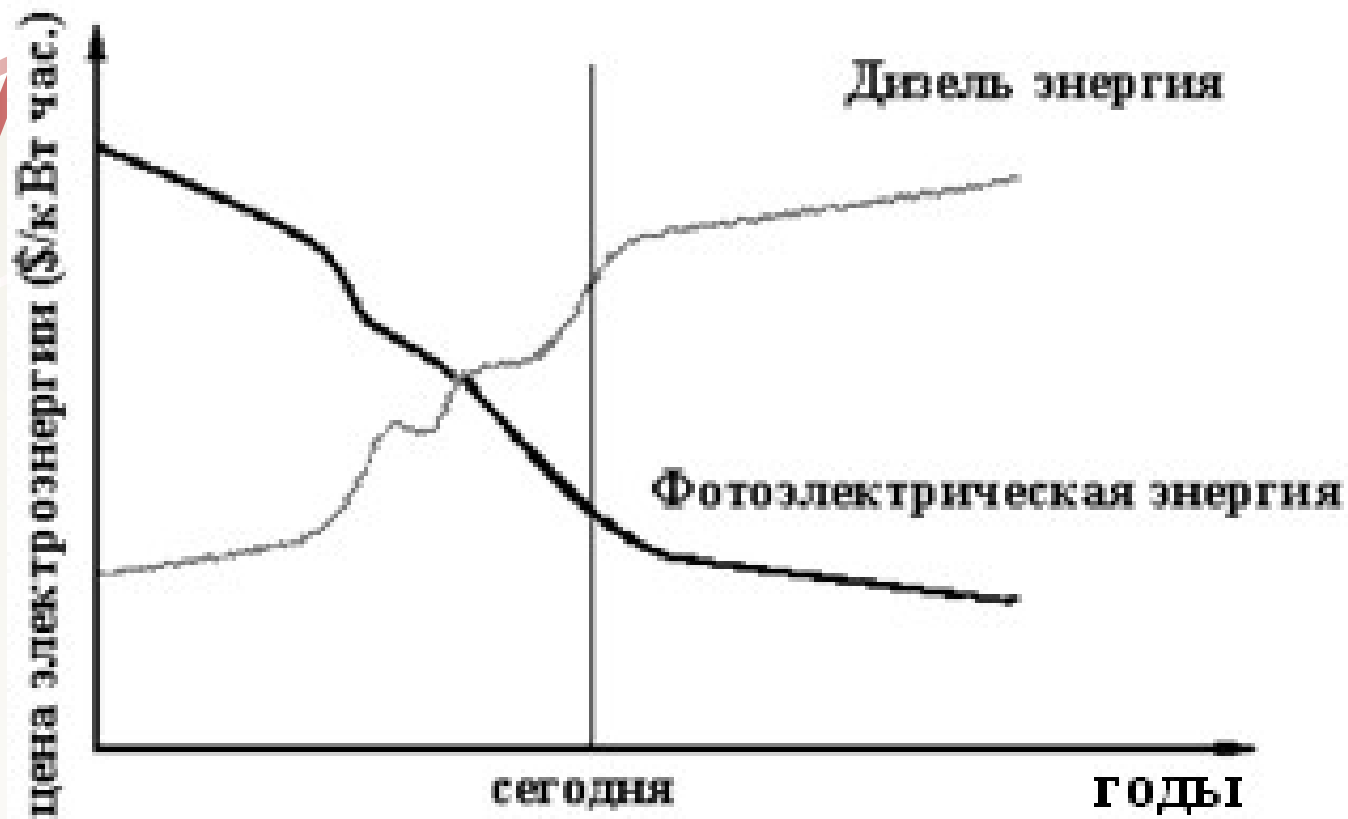
Карта распределения суммарной солнечной радиации
 кВт·ч/м² год

Карта показывает, что поступление солнечной энергии в Южной Сибири и Восточной Сибири сравнимо с поступлением солнечного излучения во Флориде (или на юге Испании). Эффективность использования солнечной энергии из-за холодного сухого континентального климата в Сибири выше по сравнению с жарким влажным климатом Флориды

При низких температурах эффективность фотоэлектрических панелей значительно выше.

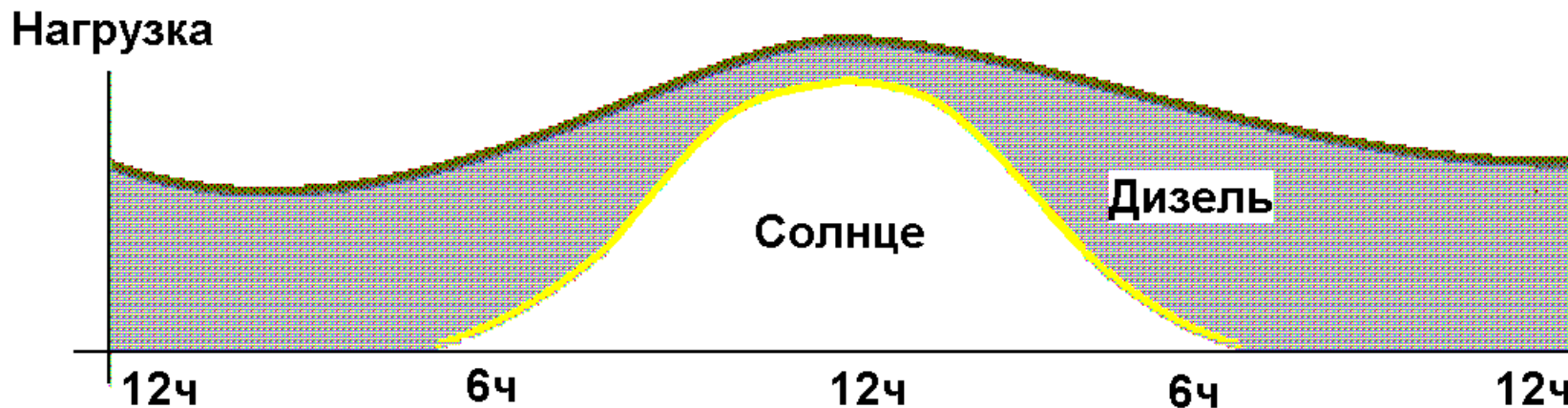
Пример: при температуре панелей $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ фотоэлектрические панели имеют выходную мощность 100 Вт, но при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Сибирь) дает выходную мощность 130 Вт. Таким образом, при низкой температуре выходная мощность фотоэлектрических панелей увеличилась на 30%, но если температура солнечных панелей $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Испания), выходная мощность снижается до 75 Вт.

При этом предполагаются равные интенсивности солнечной радиации 1000 Вт/м^2 в обоих случаях.



На слайде показано , как цена солнечной фотоэлектрической энергии уменьшается при увеличении цены дизельного топлива. Так объединенные солнечные/дизельные системы становятся более экономически эффективным, именно - в Сибири и Арктике

Новые дизель/солнечные гибридные системы



Контейнер с солнечной электростанцией TRAXLE

номер	предмет	спецификация
1	Контейнер (Стандарт)	4шт. 6М
2	мощность фотоэлектрических панелей	100 кВт /400В
3	Модули ламинированные гелем	400 x 250 Вт
4	Угол наклона панелей	80 градусов
5	Диапазон рабочих температур град:	-60°C + 40°C
6	Гарантия	1 год
7	Дизель-генератор	2 x 50 кВт

РЕЗЮМЕ

Панели, ламинированные в гель, могут работать в Сибири при температуре до -60°C

При низких температурах эффективность фотоэлектрических панелей значительно выше. Объединенные солнечные/дизельные системы более экономически эффективны, именно в Сибири и Арктике

Использование фотоэлектрических панелей может сэкономить 30-40% дизельного топлива