

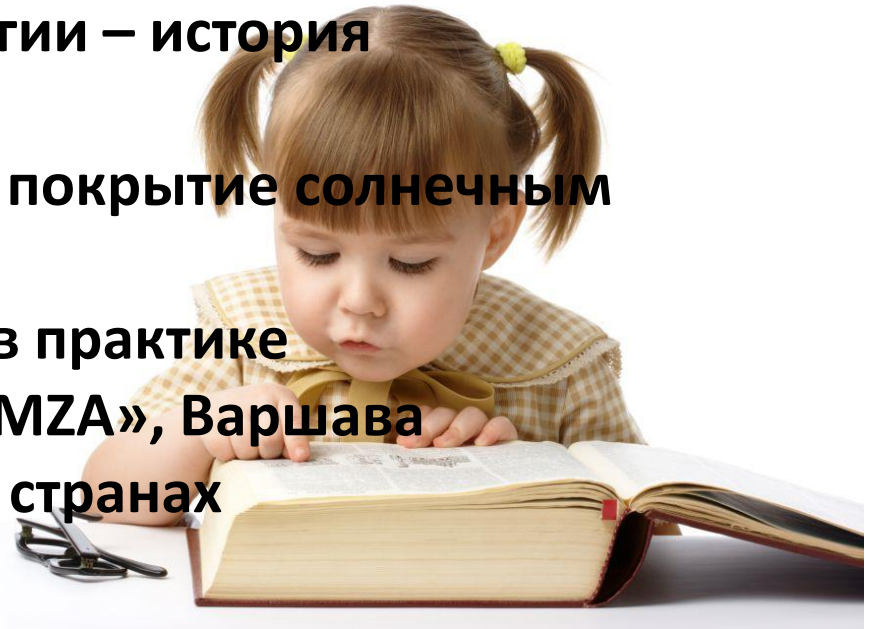
Тренинг и ознакомительная поездка по организации пассажирских перевозок на электроприводных автобусах, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.



**Фотоэлектрические панели
в качестве
дополнительного
источника электроэнергии
для городских автобусов**

Содержание

- **Изобретения – путь к успеху**
- **Изобретения – вчера и сегодня**
- **Фотоэлектрические технологии – история**
- **Фотоэлектрический эффект**
- **Глобальное горизонтальное покрытие солнечным излучением**
- **Фотоэлектрические панели в практике**
- **Польша – опыт компании «MZA», Варшава**
- **Что можно сделать в других странах**



ЧТО?

ИЗОБРЕТЕНИЯ



Зачастую, изобретения XX—XXI веков – это НЕ революционное новаторство, а отполированные и подновленные «чудеса техники» изобретенные нашими предками



Электрические автомобили



Jacob Lohner & Co in Vienna,

Австрия производила электромобили с 1898 по 1906 годы



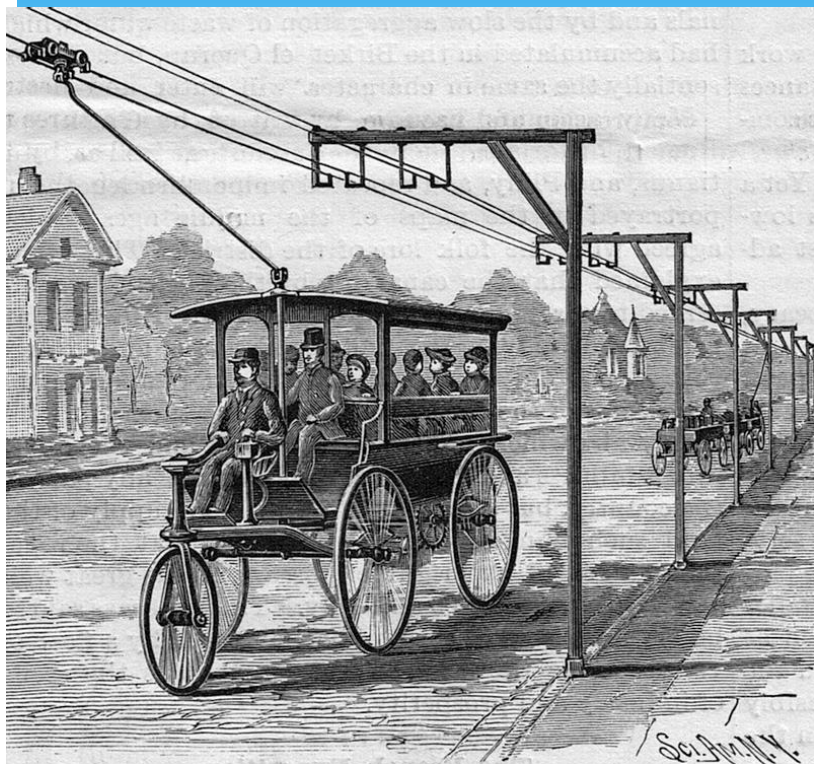
Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

Электрический двухколесный моторизованный личный транспорт



Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

Электрические повозки, оснащенные токоприемником



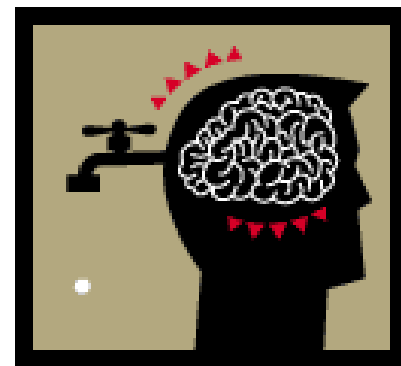
Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

КТО?

изобретатели,

ученые,

мечтатели



необыкновенные мечтатели, экстраординарные создатели, авторы необычных работ

А ВЫ
ЗНАЛИ?

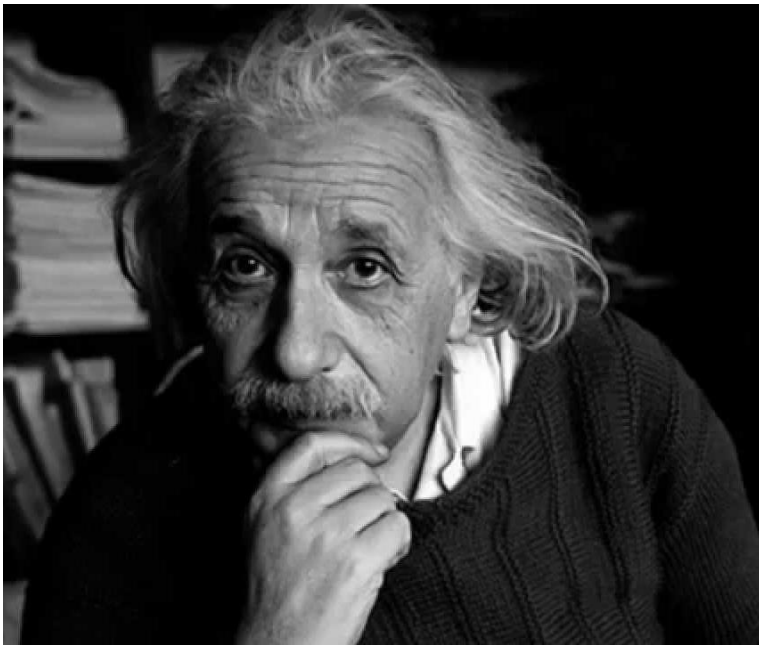
История фотоэлектричества



- **В 1893 году,** Александр Эдмон Беккерель открыл фото-вольтаический (фотогальванический) эффект, наблюдая воздействие света на электролитические ячейки
- И хотя это открытие не сравнимо с открытием что фотоэлектрического эффекта, его работы по фотовольтаике имели принципиально важное значение, поскольку продемонстрировали наличие прочной связи между светом и электронными свойствами материалов

История фотоэлектричества

А ВЫ
ЗНАЛИ?



В 1905 году Альберт Эйнштейн описал природу света и фотоэлектрический эффект, на котором базируется фотовольтаическая технология, за что он впоследствии получил Нобелевскую премию по физике.

А ВЫ
ЗНАЛИ?

Краткая история фотовольтаической технологии

- 1893 г. – Беккерель открыл фотовольтаический эффект
- 1870 г. – Герц разработал фотоэлектрический элемент на твердом селене (2%)
- 1905 г. – Эйнштейн дал объяснение фотоэлектрическому эффекту
- 1930-е – В экспонометрах для фотографии широко используются меднооксидные или селеновые элементы
- 1954 г. – Лаборатории Белла разработали первый элемент на кристаллическом кремнии (4%)
- 1958 г. – Фотоэлектрические элементы установлены на космический спутник США «Авангард» (и показали себя лучше, чем ожидалось)



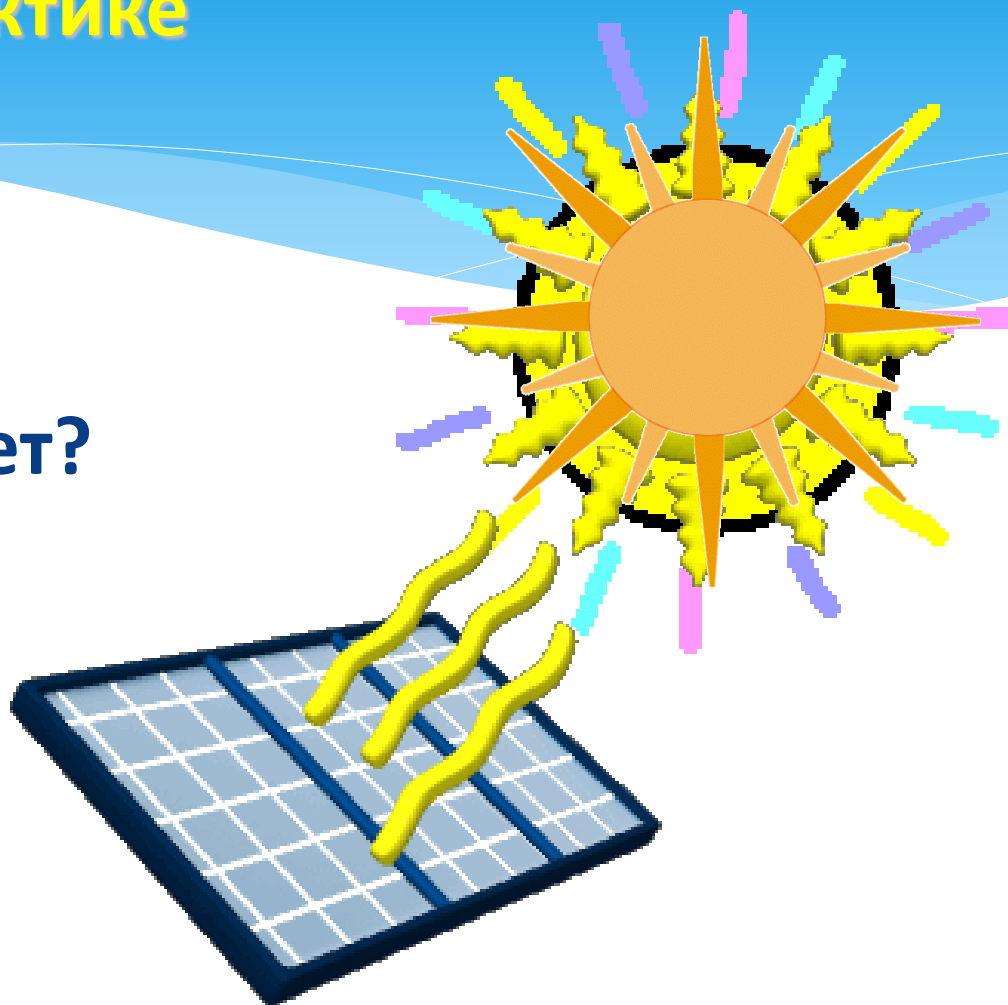
ЧТО? революционные изобретения



**В настоящее время практическое применение их
мыслей в науке и технике произвело революцию в
мире**

Фотовольтаические технологии на практике

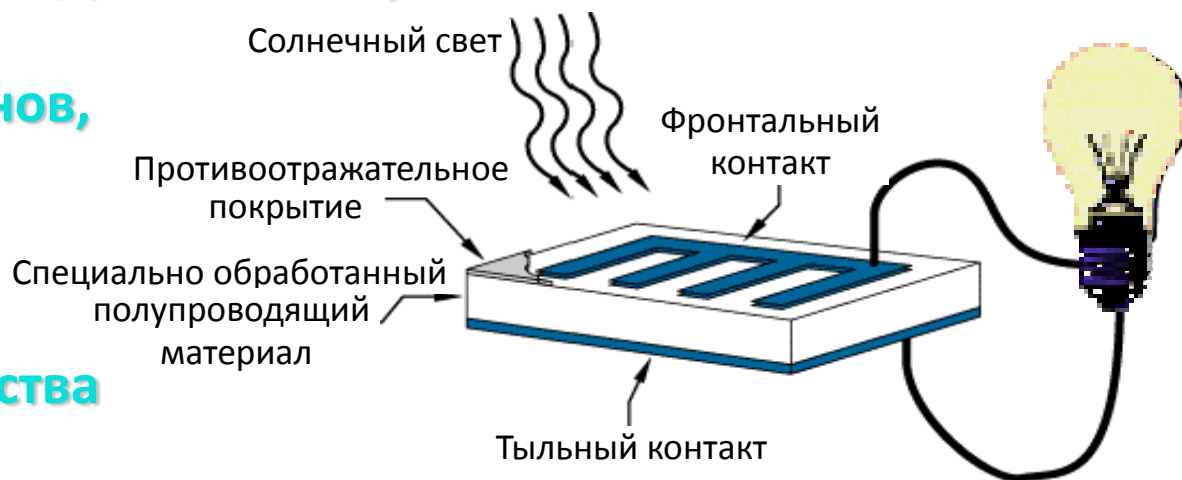
Как это работает?



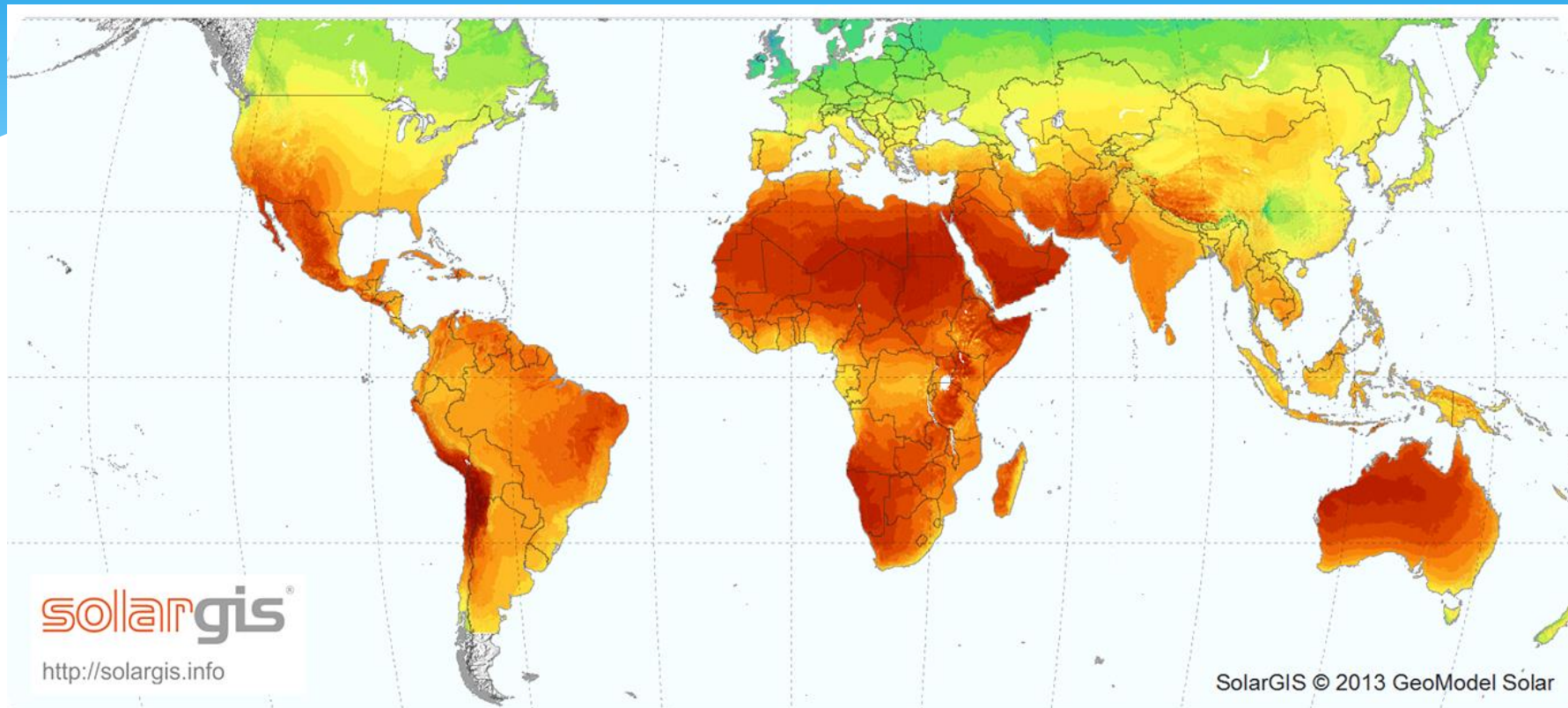
Как работает фотовольтаика?

Фотовольтаический эффект – это прямое преобразование света в электричество на атомном уровне. Некоторые материалы демонстрируют свойство, известное как фотоэлектрический эффект, который позволяет им поглощать фотоны света и высвобождать электроны.

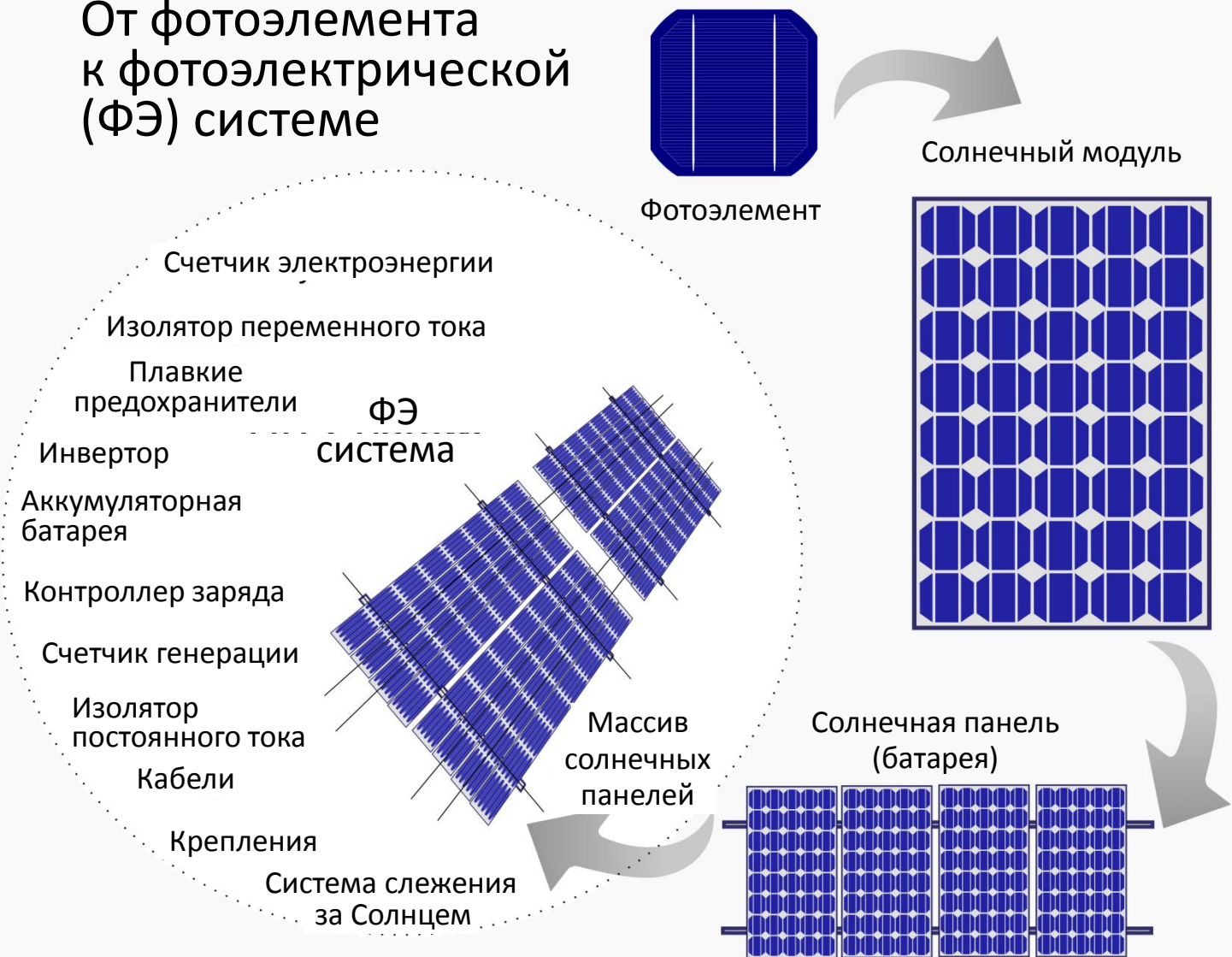
При захвате таких свободных электронов, возникает электрический ток, который можно использовать как источник электричества



Глобальное горизонтальное покрытие солнечным излучением



От фотоэлемента к фотоэлектрической (ФЭ) системе



Первая десятка стран по числу ФЭ систем на 2014 г. (MW)

Общая установленная мощность

1.	Германия		38 200
2.	Китай		28 199
3.	Япония		23 300
4.	Италия		18 460
5.	США		18 280
6.	Франция		5 660
7.	Испания		5 358
8.	Великобритания		5 104
9.	Австралия		4 136
10.	Бельгия		3 074

Источник: Отчет [IEA-PVPS](#) Обзор мировых ФЭ систем за 1992–2014 гг., март 2015 г.



Сегодня



на земле и ...

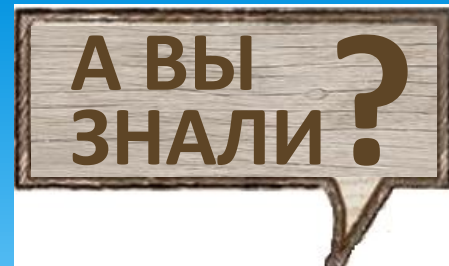
Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

Сегодня и завтра



... и в воздухе/ космосе

Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.



Вчера

Август 1960 г. – автомобиль на солнечной энергии, на базе модели «Baker Electric» 1912 года, был переоборудован для работы от солнечной энергии

Восход солнца - серия решений для ОТ на солнечной энергии



Август 2016 г. – г. Керала – электрорикши на 5 человек, 40 км/час и после 5 часов зарядки дальность пробега 80 км

Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

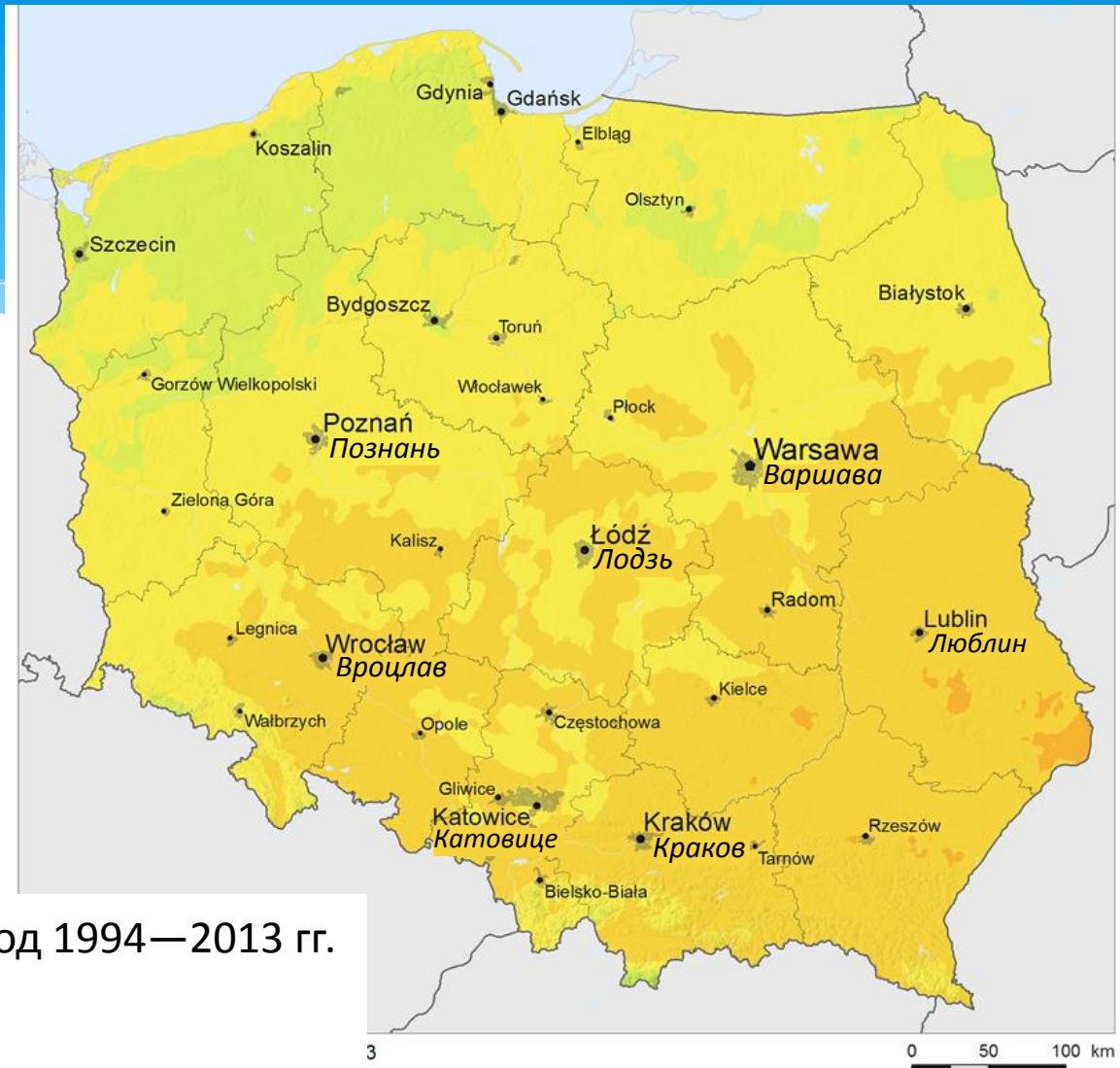
Восход солнца - серия решений для ОТ на солнечной энергии



Дубаи, управляющий госорган в сфере ОТ - RTA – недавно, в 1 кв. 2017 г., объявил о запуске в эксплуатацию лодки «абра» на солнечной энергии, которая была переоборудована из обычной лодки на электромоторе путем монтажа на ее крыше солнечных батарей

Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

Польша - горизонтальное покрытие солнечным излучением



Годовой суммарный поток, период 1994—2013 гг.

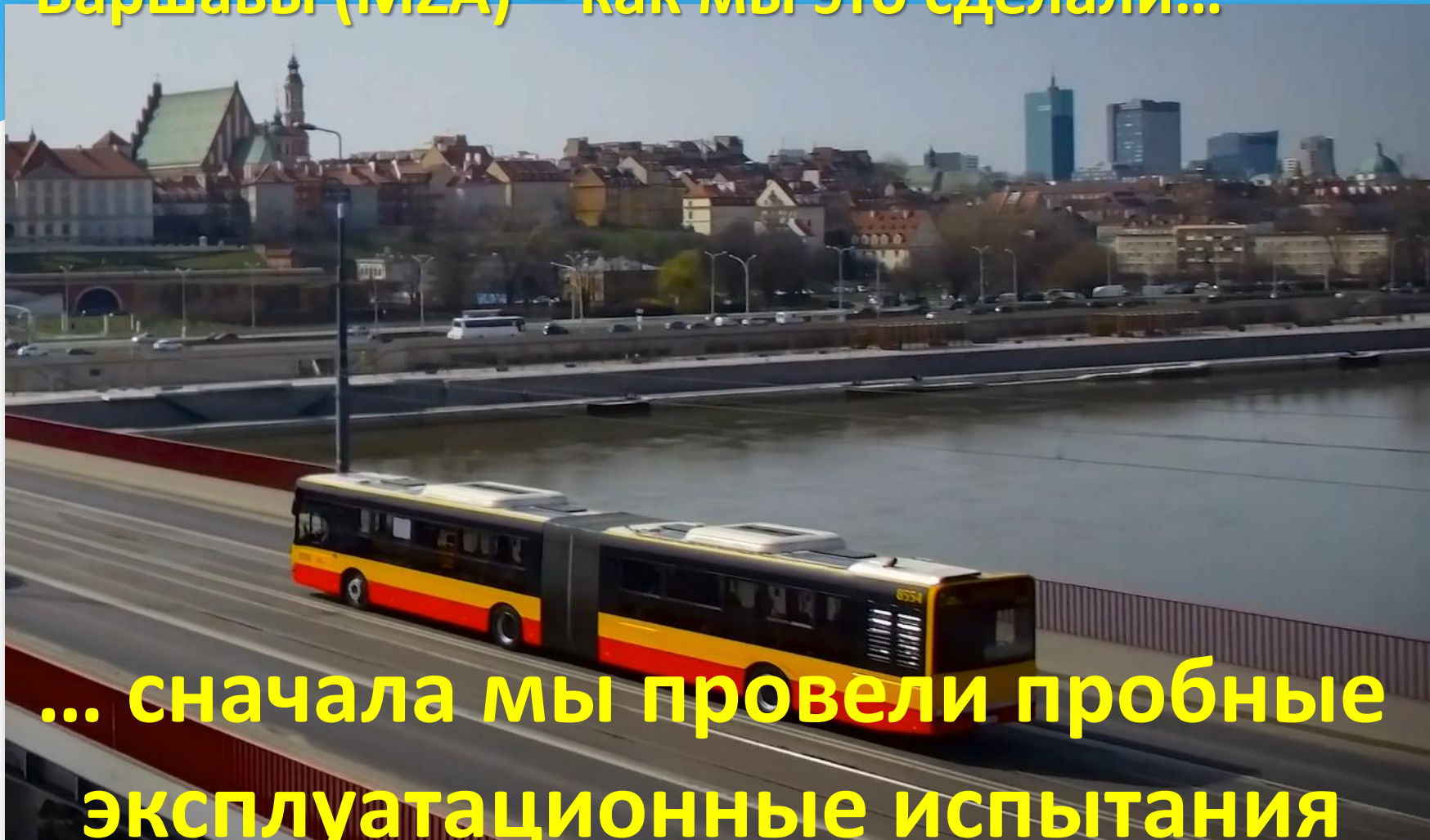


< 1000 1100 1200 кВт-ч/м²

GHI Solar Map © 2015 GeoModel Solar

Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

Муниципальная автобусная компании Варшавы (MZA) – как мы это сделали...



... сначала мы провели пробные
эксплуатационные испытания

Как мы это сделали ...

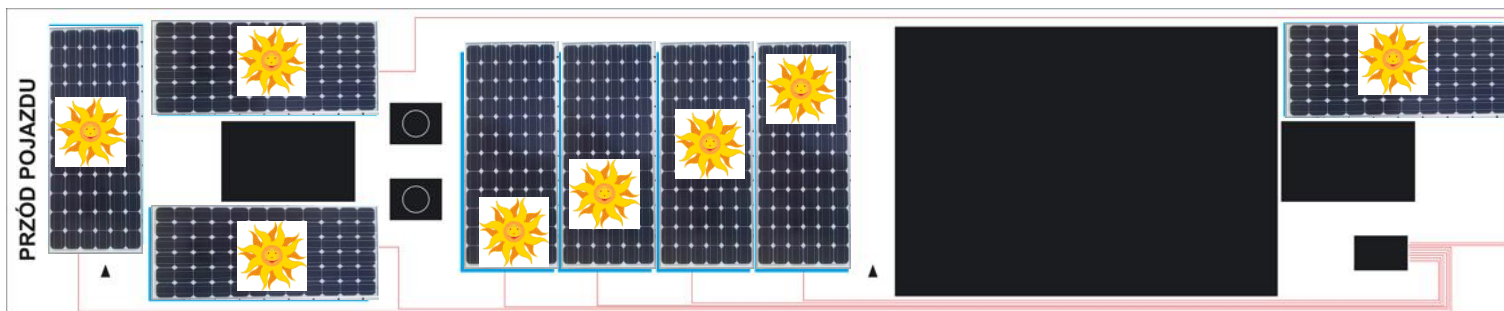
Монтаж прототипов



В четвертом квартале 2014 г., на крышах 15 автобусов мы поставили многофункциональные фотоэлектрические панели, с $\eta=17\%$

Номер	Модель автобуса/кол-во	Установл. мощность
1	Solbus SM 12 м / 5 ед. / EEV	1 200 Вт
2	Solbus SM18 м / 5 ед. / EEV	1 650 Вт
3	Solaris U18 м / 5 ед. / EEV	1 500 Вт

Solbus SM 12 м – 8 ФЭ элементов; общ. пиковая мощность 1200 Вт (испытываемый прототип)



**1 фотоэлемент: 150 Вт пиковой мощности
(700 x 1640 мм)**

Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

...следующие шаги были уже профессиональными

Завод «Solaris Bus and Coach»



ФЭ панели устанавливались на заводе

Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

Как мы это сделали ...

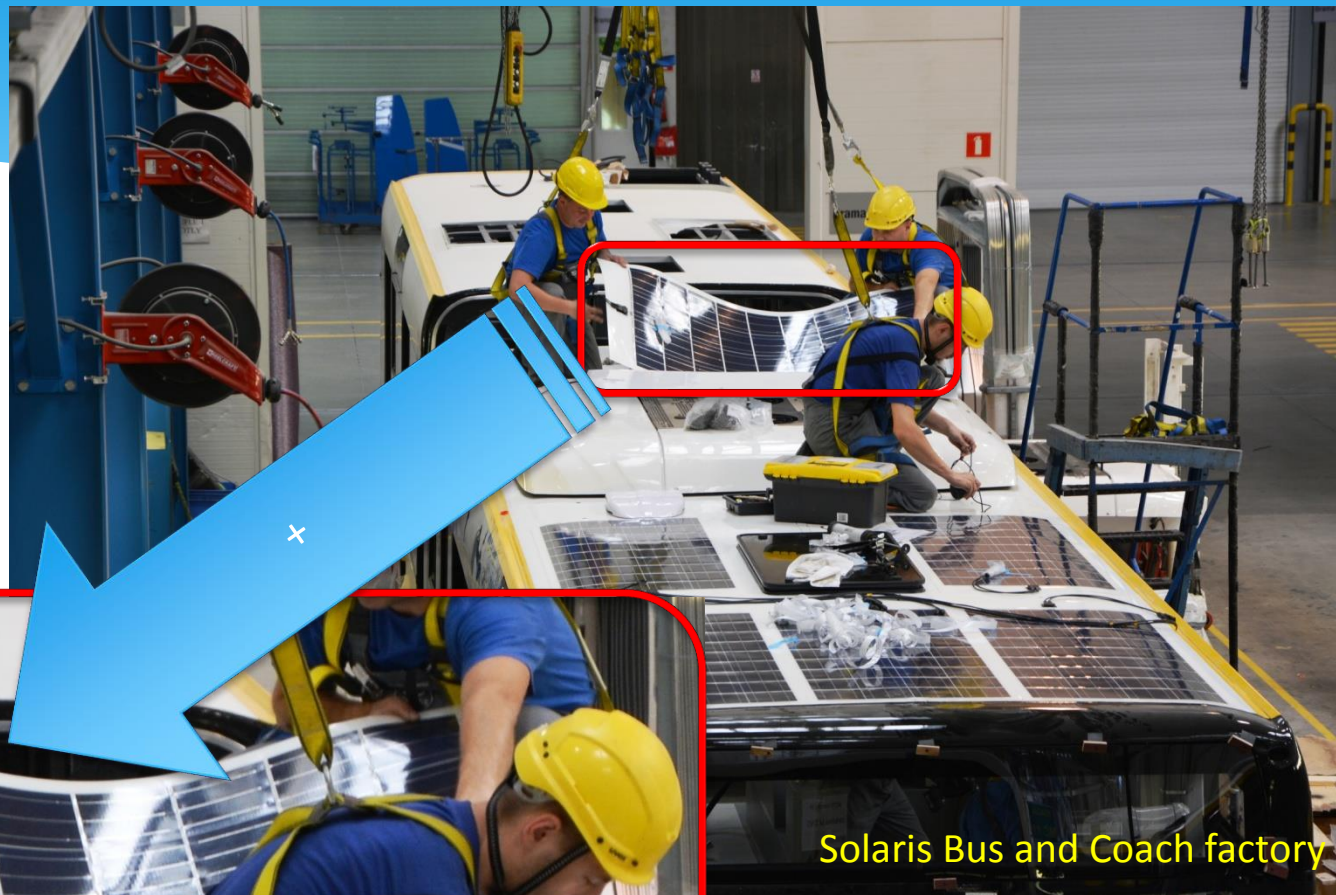
профессиональная установка



В четвертом квартале 2015 года - начале 2016 года, МЗА начала эксплуатацию, в общей сложности, 140 автобусов (все Евро VI), оснащенных профессиональными системами тонкопленочных фотоэлектрических панелей, $\eta=13\%$

Номер	Модель автобуса/кол-во	Установл. мощность
1	Solaris U12 м / 20 ед. / '15	1 050 Вт
2	Solaris U18 м / 60 ед. / '15	1 500 Вт
3	Solaris U18 м / 60 ед. / '16	1 500 Вт

Установка тонкопленочных панелей



Solaris Bus and Coach factory

Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

Фотоэлектрические панели устанавливались на крышах автобусов

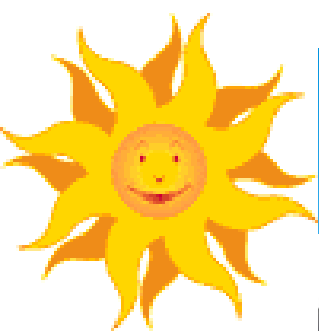


Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

Фотоэлектрические панели устанавливались на крышах автобусов



Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.



Солнечное излучение

ФЭ панели



солнечная энергия

ФЭ панели $\eta = 13 - 14\%$

Регулятор/контроллер
напряжения



преобразователь $\eta = 46-50\%$

электроэнергия



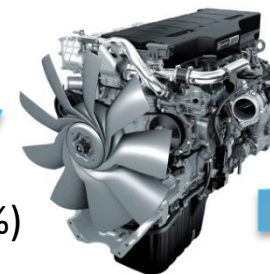
механическая энергия
электропривод $\eta = 95\%$



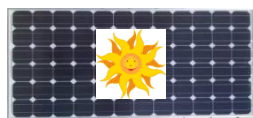
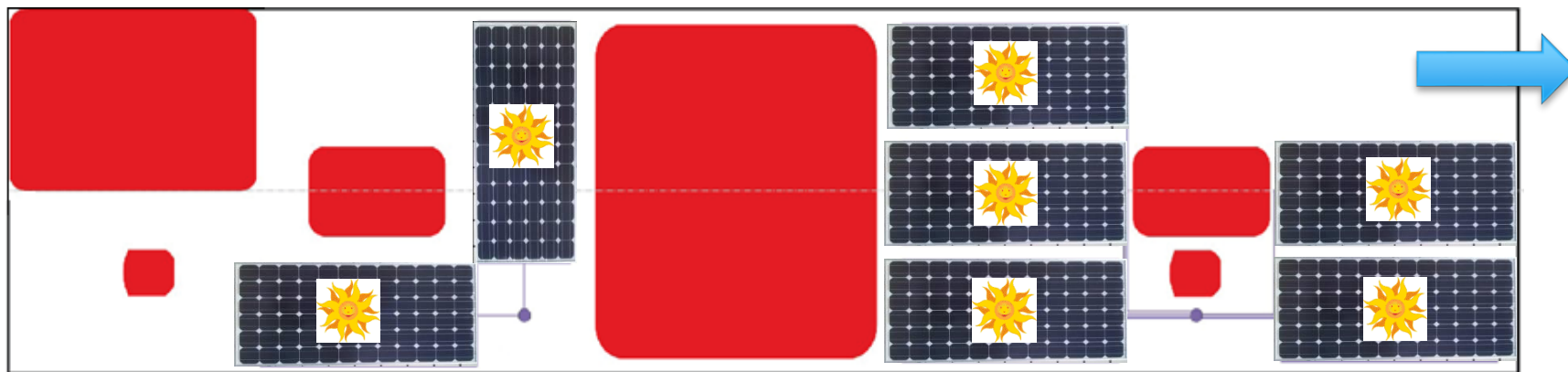
химическая энергия

диз. двигатель $\eta = 40 - 45\%$

(тепловое $\eta = 35 - 45\%$ и механич. $\eta = 80 - 90\%$)



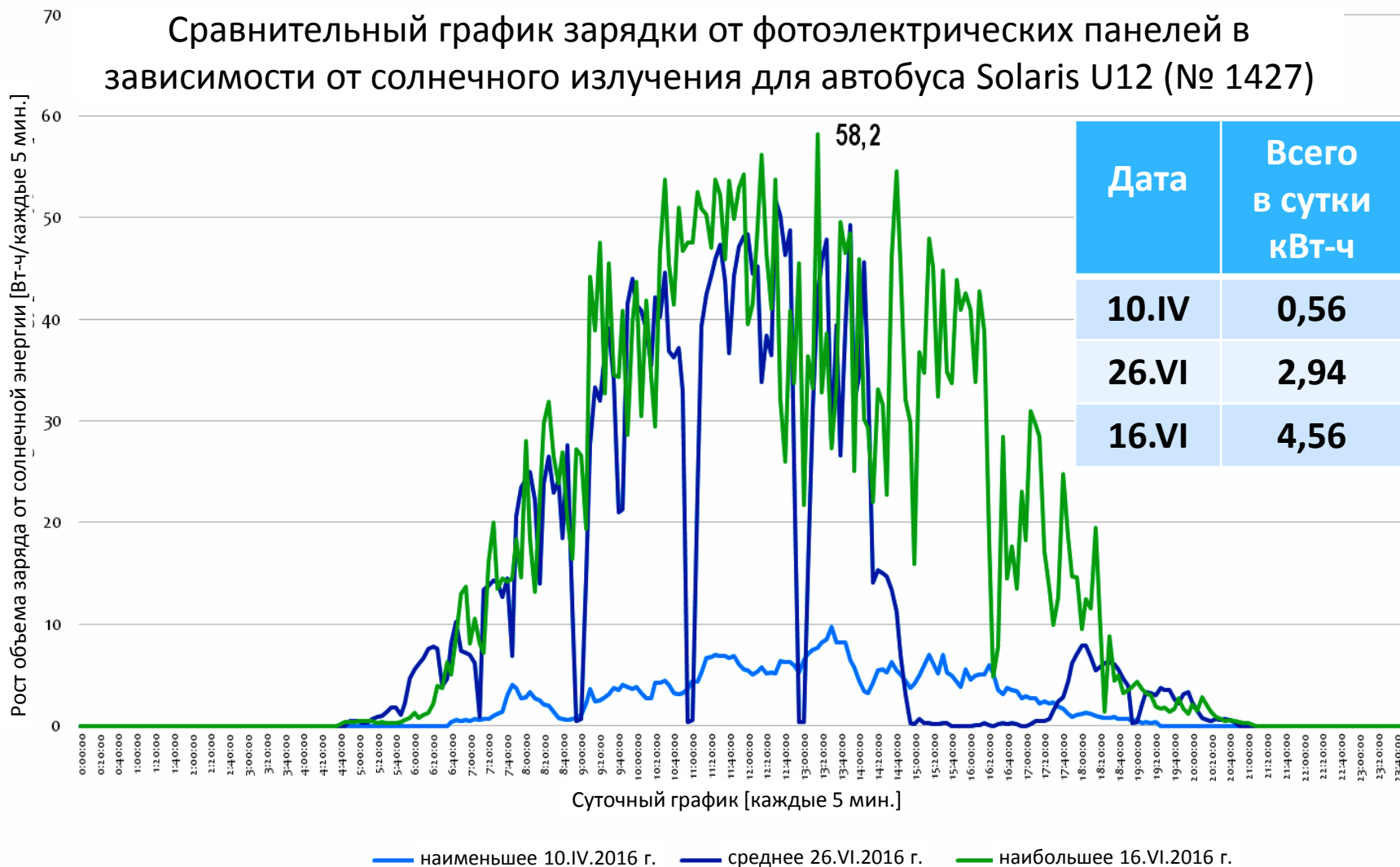
Solaris U12 – 7 фотоэлементов; общ. пиковая мощность 1050 Вт



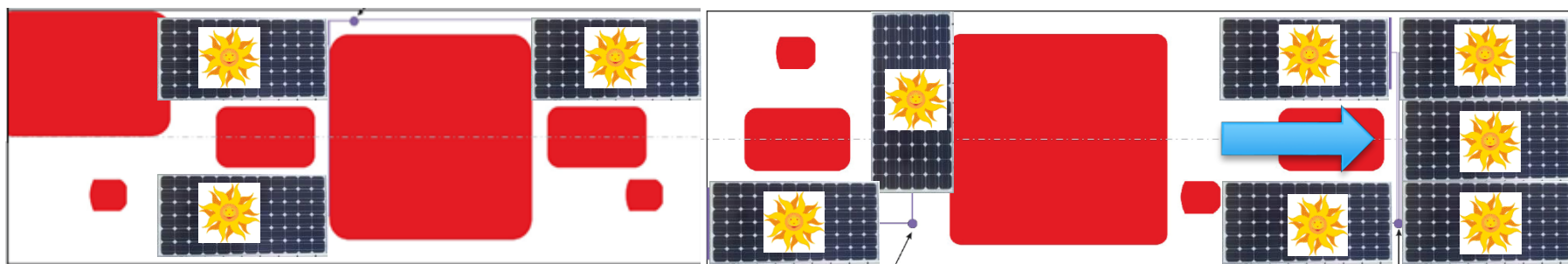
**1 фотоэлемент: 150 Вт пиковой мощности
(700 x 1640 мм)**

Общий суточный объем поступающей солнечной электроэнергии

Сравнительный график зарядки от фотоэлектрических панелей в зависимости от солнечного излучения для автобуса Solaris U12 (№ 1427)



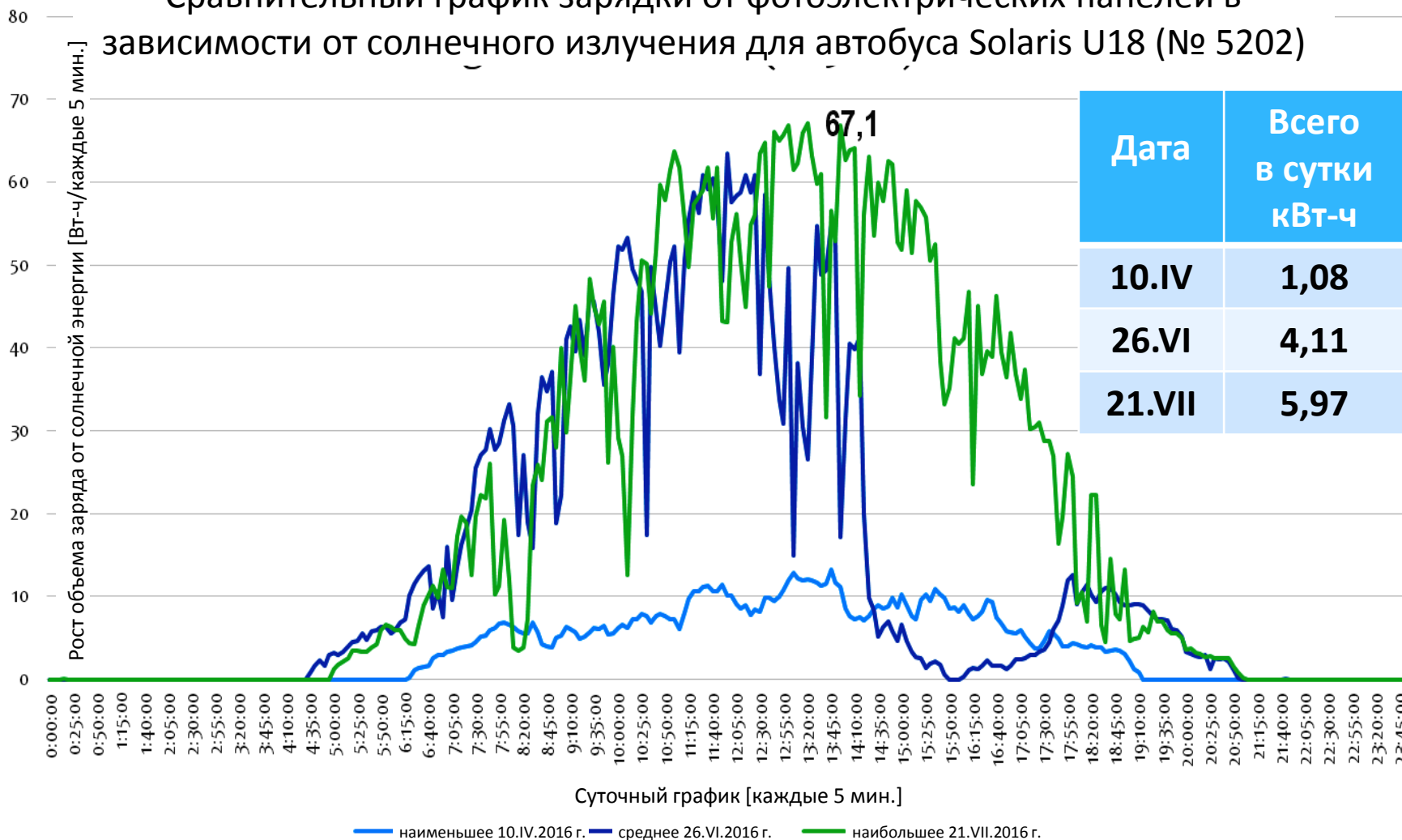
Solaris U18 – 10 фотоэлементов; общ. пиковая мощность 1500 Вт (сочлененные = 18 м)



**1 фотоэлемент: 150 Вт пиковой мощности
(700 x 1640 мм)**

Общий суточный объем поступающей солнечной электроэнергии

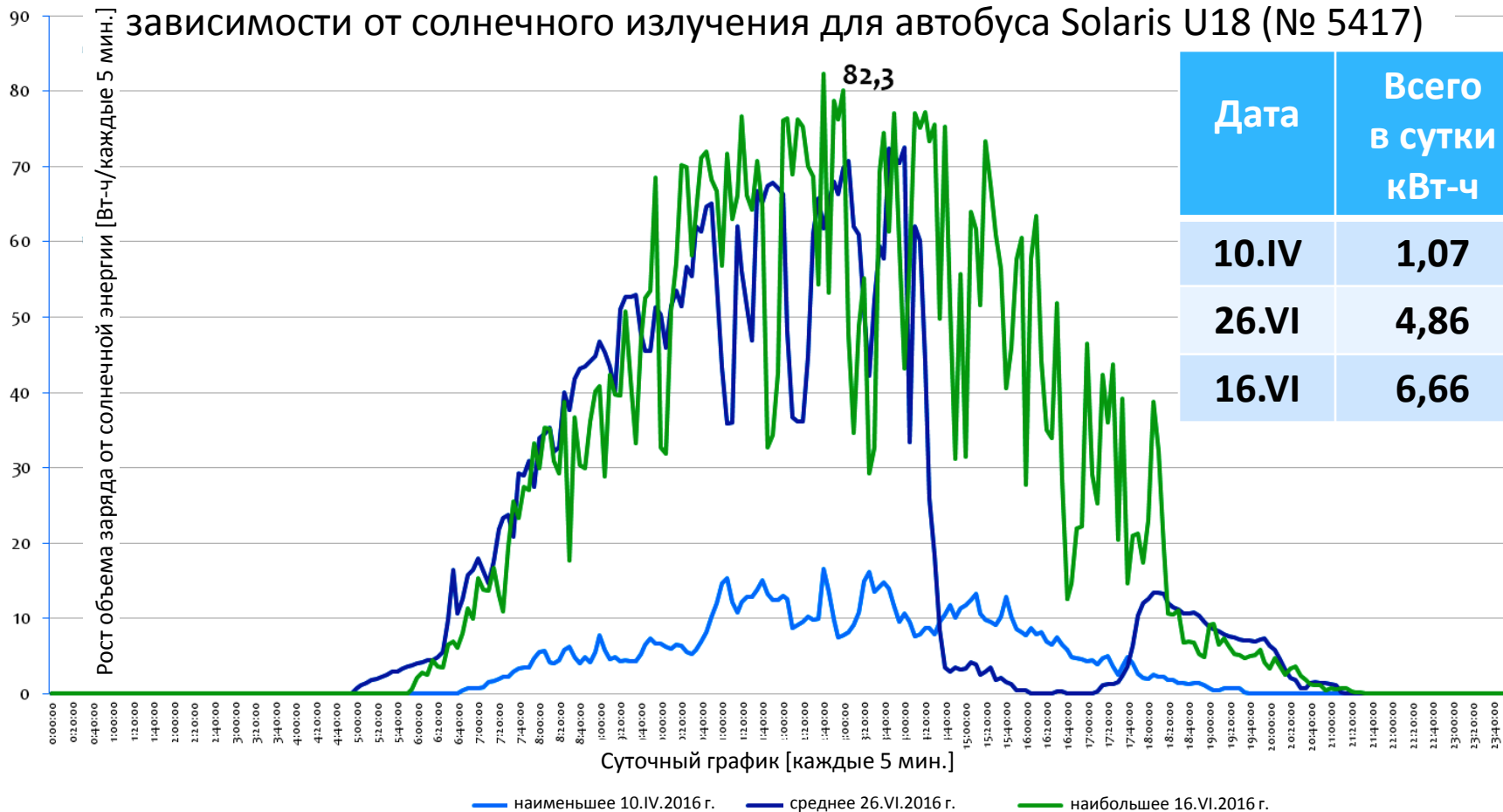
Сравнительный график зарядки от фотоэлектрических панелей в зависимости от солнечного излучения для автобуса Solaris U18 (№ 5202)



Общий суточный объем поступающей солнечной электроэнергии

Сравнительный график зарядки от фотоэлектрических панелей в

зависимости от солнечного излучения для автобуса Solaris U18 (№ 5417)



Допущения, принятые для тех. анализа

Эксплуатационные характеристики - U18

Ср.сут. пробег и время работы 300 км/18 часов

Потребление

Потребление топлива (диз)

50 л / 100 км

3 x 50 = 150 л

Энергии в топл. (10 кВт·ч = 1 л)

150 л = 1500 кВт·ч

Расход энергии для тяги

600 кВт·ч ($\eta = 40\%$)

Ср.сут. расход энергии (макс) от ФЭ панелей

6,66 кВт·ч (21 июля 2016 г.) при $\eta = 13\%$ /1500 пик Вт
* 9,58 кВт·ч при $\eta = 17\%$ / 1650 пик Вт

Энергии в топливе (дизтопливо)

6,66 кВт·ч : 0,40 (η двиг.) : 0,95 (η трансмиссия) :
0,46 (η преобразов.) = 38,1 кВт·ч = 3,8 л дизтопл.
* 9,58 кВт·ч : (η) = 54,81 кВт·ч = 5,48 л дизтопл.

Топливный (дизтопливо)

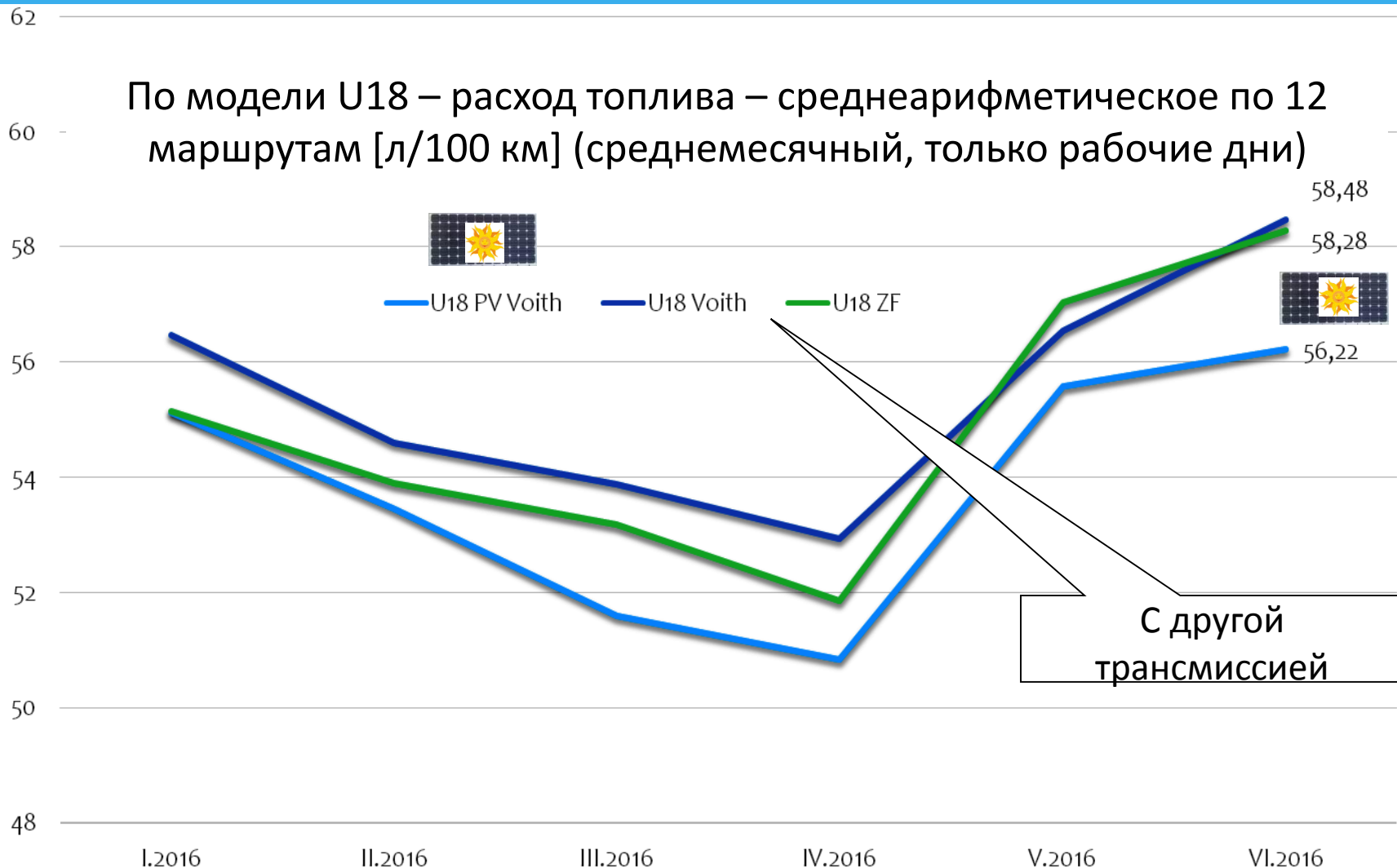
3,8 л (2,5 %) при ($\eta = 13\%$) * 5,48 л (3,6 %) при ($\eta = 17\%$)

эквивалент

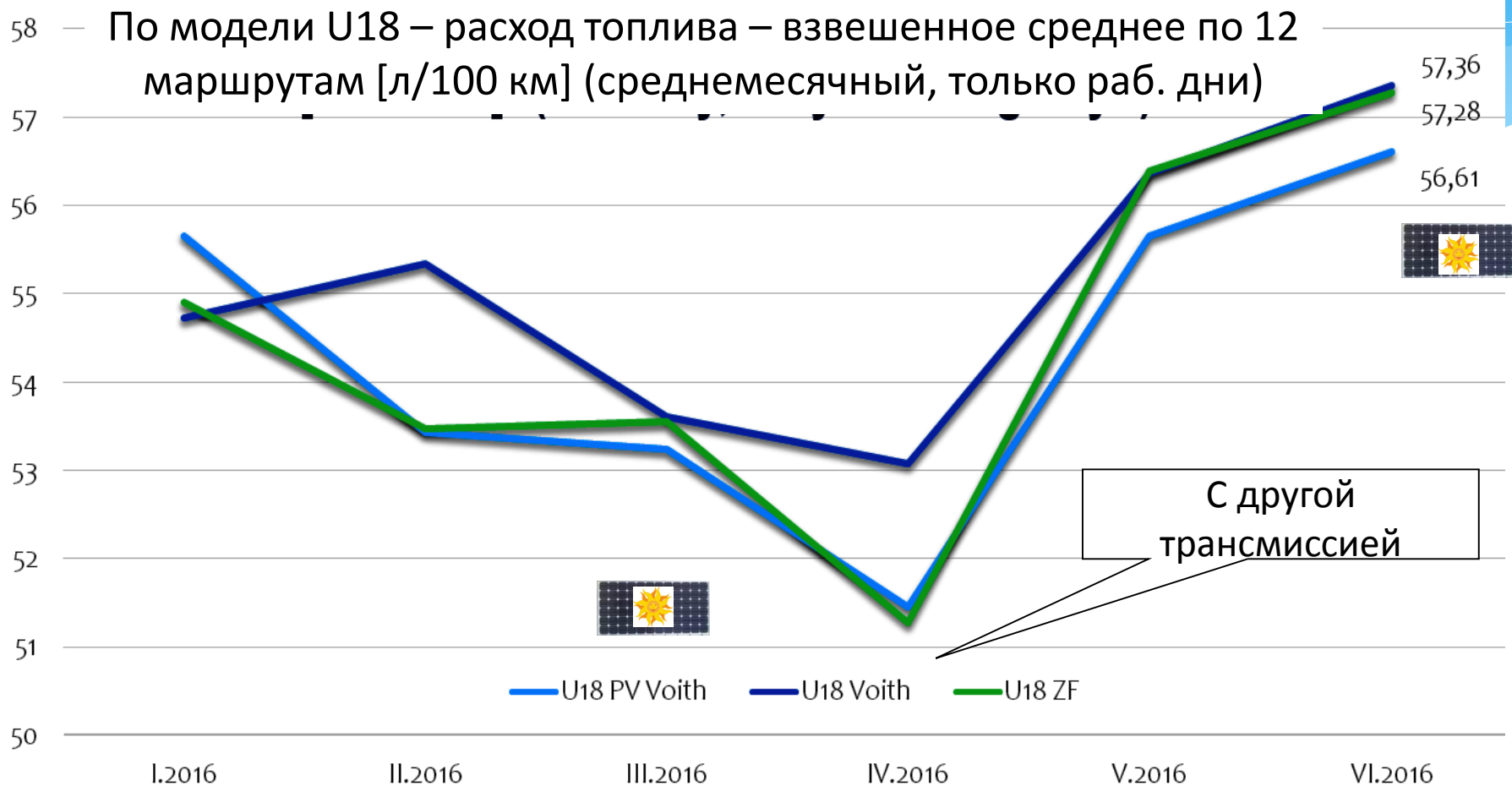
* значения преобразования для ФЭ панелей-прототипов с пиковой мощностью 1 650 Вт и КПД $\eta = 17\%$



Эксплуатационные результаты



Эксплуатационные результаты



Допущения, принятые для экологического анализа

Эксплуатационные характеристики - U18

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ допущения

ЕЖЕДНЕВНО, ОДИН АВТОБУС МОЖЕТ СЭКОНОМИТЬ до макс. 4 л ДИЗТОПЛИВА

$4,0 \text{ л} \times 2,64 \text{ кг CO}_2 = 10 \text{ кг CO}_2$ – ср.сут. сокращ.

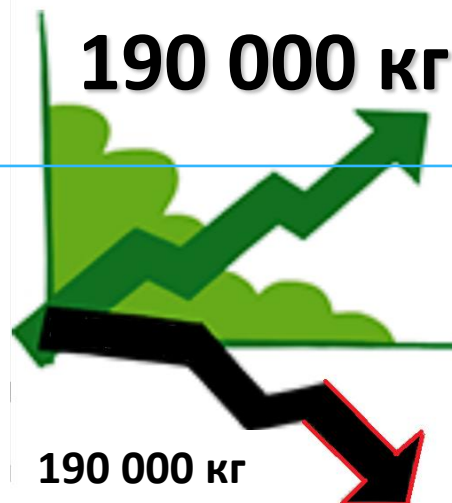
ЕЖЕГОДНО ОДИН АВТОБУС МОЖЕТ СЭКОНОМИТЬ в среднем 2 л ДИЗТОПЛИВА (1 л дизтоплива = 2,64 кг CO₂)

$2,0 \text{ л} \times 2,64 \times 300 = 1'584 \text{ кг CO}_2$ – ср.год. сокращ.

ЕЖЕГОДНО 120 сочлененных АВТОБУСОВ с ФЭ панелями могут СНИЗИТЬ ЭМИССИИ CO₂ НА - >

$1\ 584 \times 120 =$

190 000 кг CO₂





Выводы и комментарии

На сегодня, сделать более глубокие выводы не представляется возможным из-за очень малого опыта эксплуатации фотоэлектрических панелей.

Пожалуйста, обратите внимание и всегда учитывайте, что:

- Как правило, энергетические системы автобуса постоянно перегружены
- У нашей системы другой энергетический баланс, отличающийся от ваших систем, из-за различий в размере, типе и конфигурации бортовых устройств и дополнительного оборудования
- У нашей системы другой энергетический баланс, отличающийся от ваших систем, из-за разной продолжительности светового дня или года, типа погоды или атмосферных и дорожных / транспортных условий



Выводы и комментарии

На сегодня, сделать более глубокие выводы не представляется возможным из-за очень малого опыта эксплуатации фотоэлектрических панелей.

На сегодня можно принять следующие допущения о фотоэлектрических панелях:

- улучшают общий энергетический баланс автобуса
- оказывают положительное воздействие на срок службы аккумуляторных батарей
- вносят свой вклад в гипотетическое сокращение расхода топлива
- и, таким образом, снижают эмиссии CO₂

Выводы и комментарии

На сегодня можно принять следующие допущения
о фотоэлектрических панелях:

- ☛ за 1 раб. день, все электрооборудование может потребить до **19 476 Вт·ч**
- ☛ при одновременной работе 75%, получаем потребление **14,61 кВт·ч**



Энергопотр. оборудование	Установленная мощность
Система информир. пассаж.	255 Вт
Система камер наблюдения	101 Вт
Валидаторы 4 ед. / 60 Вт	240 Вт
Билетирующий автомат	100 Вт
Система подсчета пассажиров	21 Вт
Доска рекламных объявлений	195 Вт
Типовое оборудование	170 Вт

Итого: 1,1 кВт



Выводы и комментарии

На сегодня можно принять следующие допущения
о фотоэлектрических панелях:

При самом благоприятном сценарии, солнечные
панели (мощностью 6,66 кВт·ч) могут покрыть
порядка 45% энергопотребления некоторых
электрических систем

и

таким образом, улучшить общий
энергетический баланс автобуса



ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАНЕЛИ



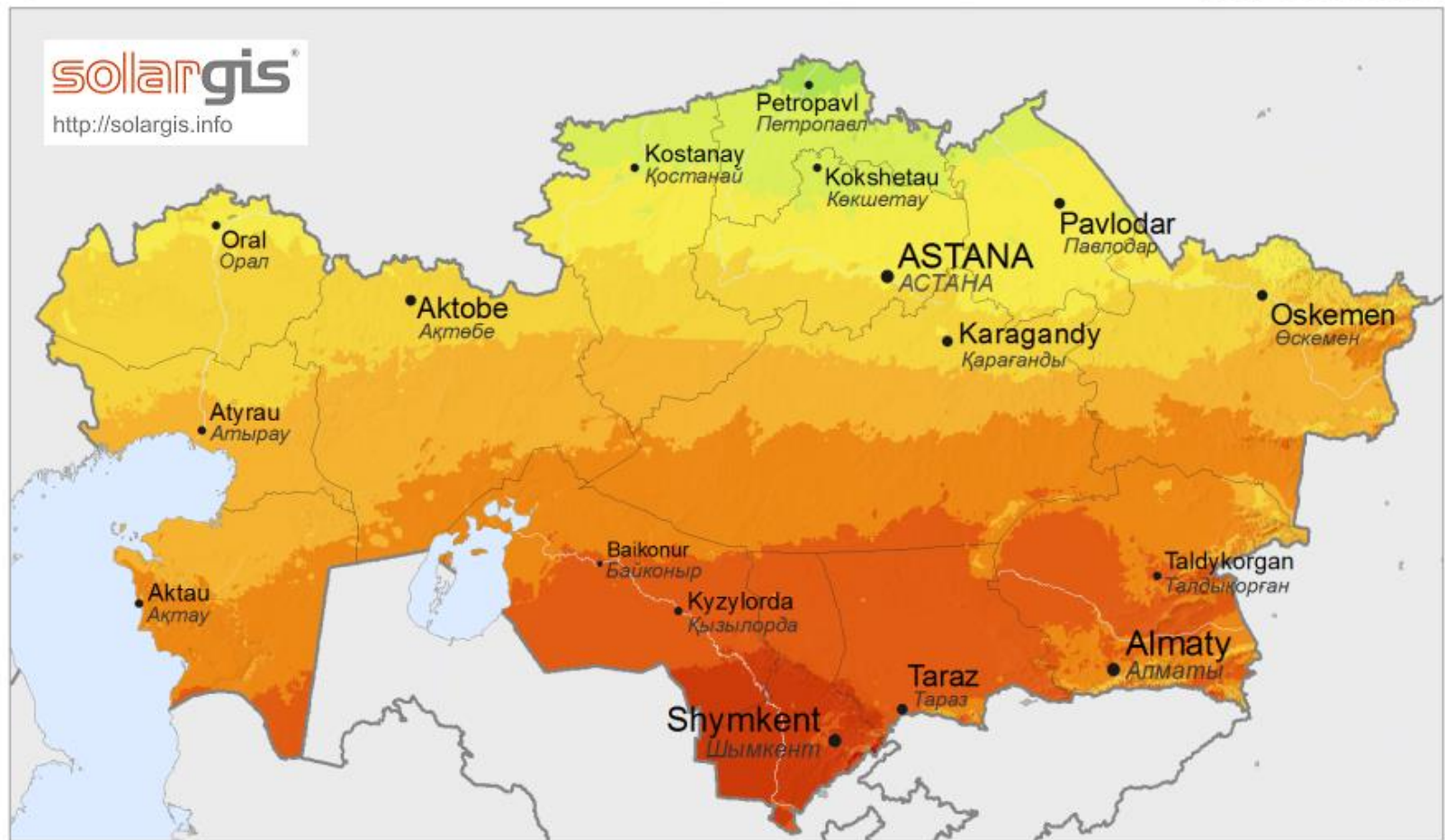
...мудрому достаточно слов

...что можно сделать в других странах?



Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

Глобальное горизонтальное покрытие солнечным излучением - Казахстан

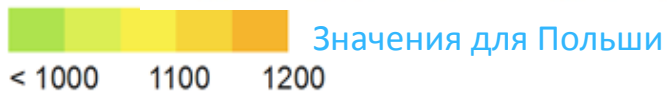


Годовой суммарный поток, период 1999—2011 гг.



0 250 500 km

SolarGIS © 2014 GeoModel Solar



Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.

удачи!

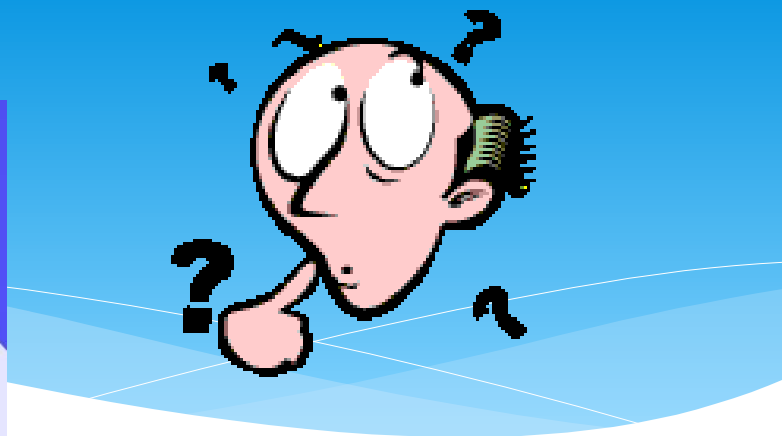
Годовой суммарный поток, период 1999—2011 гг.



< 1150 1300 1450 1600 1750 кВт-ч/м²

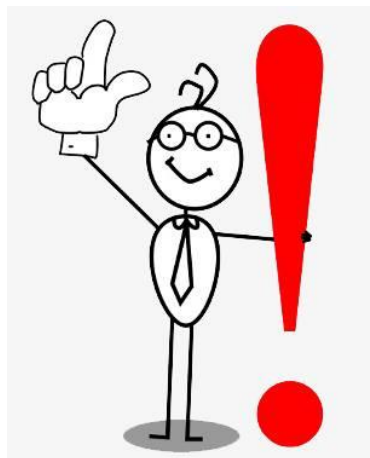


Тренинг и ознакомительная поездка по электробусам, г. Брюссель, 6-7 марта 2017 г.



Для дальнейшего
развития ФЭ
технологий, нам
требуется
относительно
недорогие системы в
высоким КПД

... информация, информация, и еще раз информация ...



Для подготовки презентации были использованы собственные материалы MZA, а также материалы, представленные производителями или проектировщиками на конференциях и официальных встречах, а также на веб-сайтах. Надеюсь, я никого не забыл упомянуть. Благодарю всех авторов за предоставленную возможность использовать эти материалы.



Фотоэлектрические панели в качестве дополнительного источника электроэнергии для городских автобусов

СПАСИБО ЗА
ВАШЕ
ВНИМАНИЕ
ВОПРОСЫ?



Януш Босакирский

Почетный член MCOT



+ 48 510 493 510

jotboss@gmail.com