

СОВЕТ

**по приоритетному направлению Стратегии научно-технологического развития
Российской Федерации**

**«Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение
эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья,
формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии»**

Заседание Совета 13 декабря 2018 г.

РЕСУРСЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



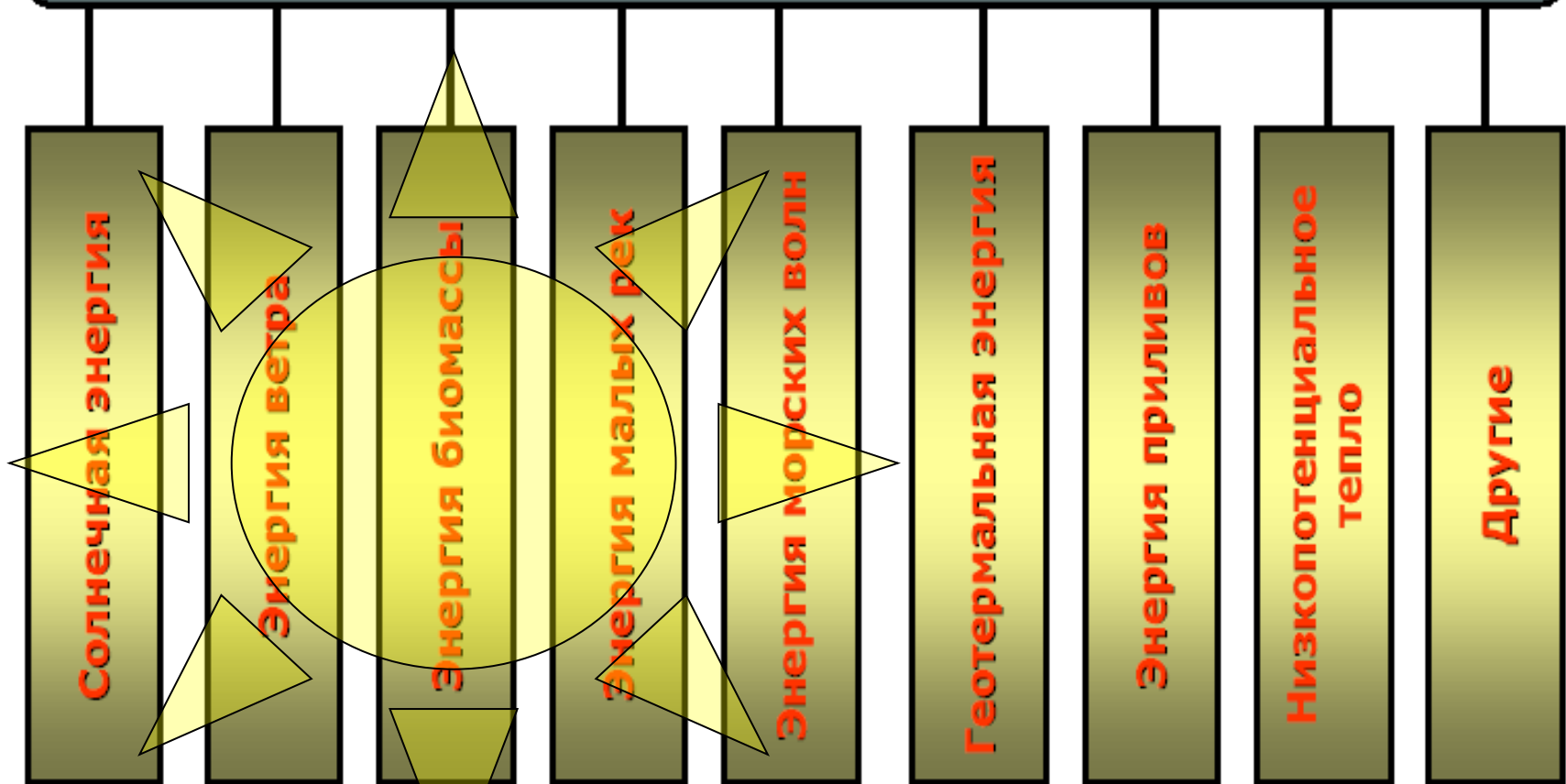
д.т.н. Попель О.С.
г.н.с., руководитель НИЦ ОИВТ РАН
«Физико-технические проблемы энергетики»

Тел.: (495) 484-23-74, E-mail: O_Popel@oivtran.ru,
<http://olegpopel.blogspot.com>



Объединенный институт высоких температур РАН

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ



Теоретически в любой географической точке можно обеспечить энергоснабжение практически любого потребителя за счет комбинации различных ВИЭ.

Главный вопрос: какие технологии использовать и сколько это будет стоить?

Поиск оптимальных экономически приемлемых технических решений (только ВИЭ или гибридизация) – сложная научно-техническая задача, требующая современных научных и инженерных подходов и решений

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ И В РОССИИ

Суммарная установленная мощность всех электростанций мира -

около 5500 ГВт

Суммарная мощность энергоустановок на новых технологиях ВЭ в 2018 г. -

> 1100 ГВт (~20%)

в т.ч. солнечная энергетика -

> 500 ГВт

Средние темпы роста солнечной энергетики за 10 лет -

> 30% в год

Вклад новых технологий ВЭ в мировое производство э/э в 2017 г. -

10,1%

в т.ч. ветер / биомасса / солнце / другие -

5,6 / 2,2 / 1,9 / 0,4 %



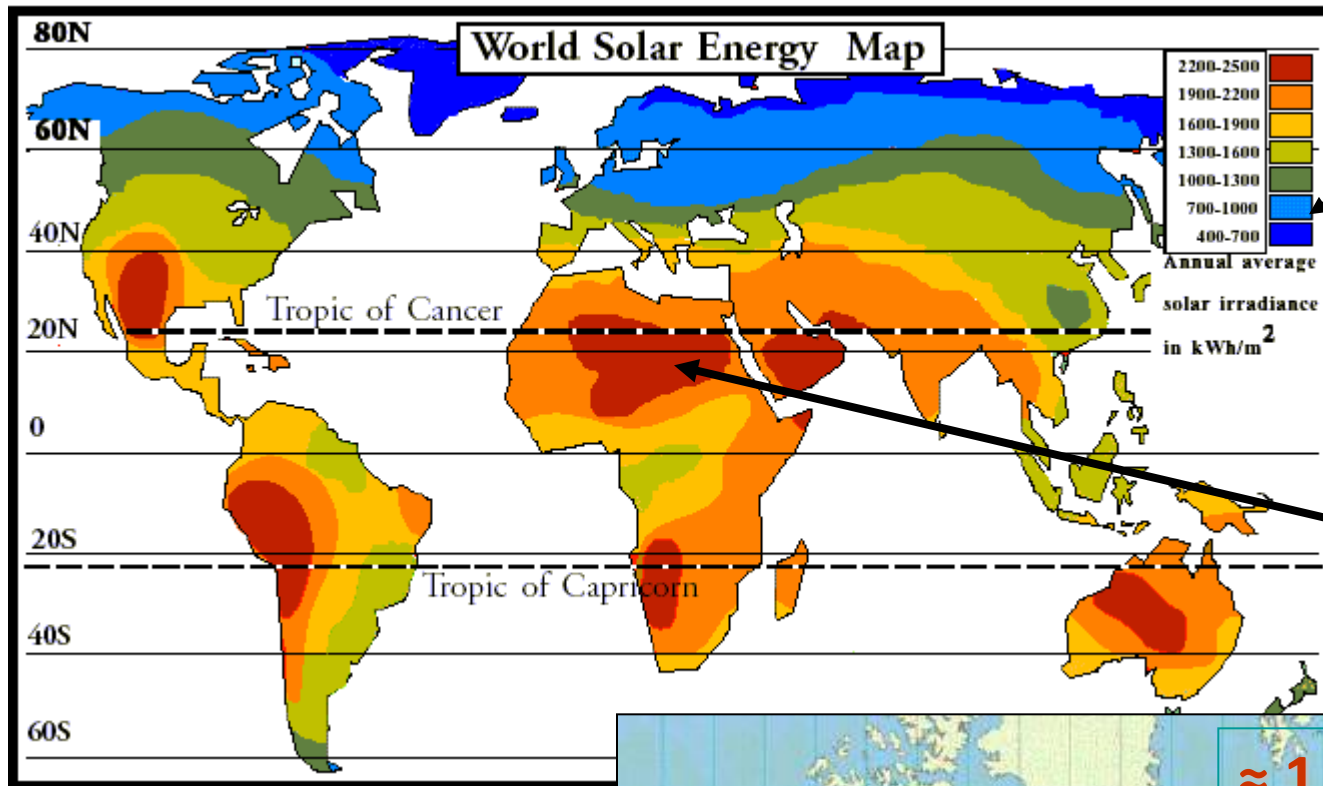
Приоритетное развитие ВИЭ в странах, зависящих от импорта энергоресурсов!

В России – признана необходимость развития компетенций в новых перспективных технологиях ВИЭ с тем, чтобы не оказаться технологически зависимыми в будущем.

Новую отрасль ВИЭ в РФ регулируют 11 законодательных и нормативных актов, в целом создающих привлекательные для развития бизнеса условия.

Ожидаемая суммарная мощность всех электростанций на ВИЭ к 2024 году – около 6 ГВт (1,5 ГВт –СЭС)

Разрабатывается нормативная база для развития ВИЭ в распределенной и индивидуальной (микрогенерация) энергетике

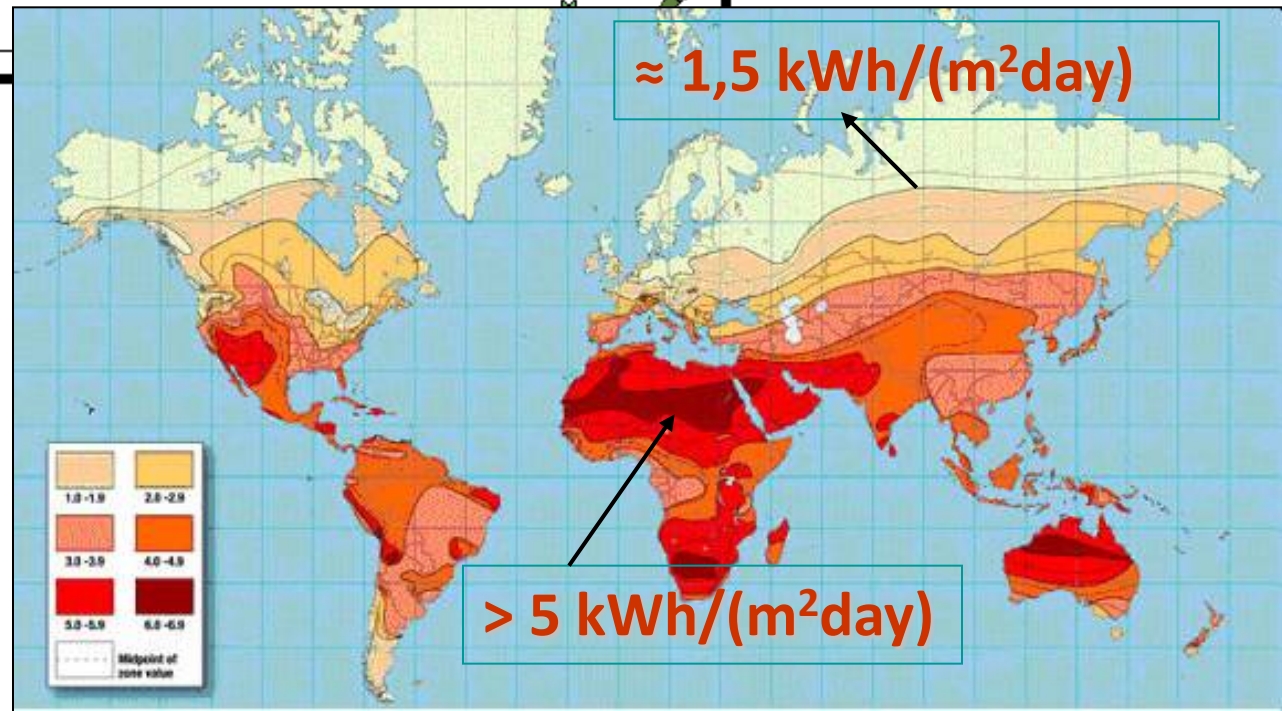


< 1 MWh/(m²y)

Типичные карты
мирового распределения
ресурсов солнечной
энергии в Интернете

2-2,5 MWh/(m²y)

**Россия –
бесперспективный
для практического
использования
солнечной энергии
регион ?!**



Приведенные карты вводят в заблуждение!!!

Так ли безнадежны районы, расположенные в средних и высоких широтах, с точки зрения снижения ресурсов солнечной энергии для ее возможного эффективного использования?

Рассмотрим проблему более внимательно.

1. Суммарные продолжительности дней и ночей для любой географической точки земного шара за год одинаковы! Т.о. с точки зрения суммарной за год продолжительности солнечного сияния географическое положение не имеет значения. С ростом широты увеличивается продолжительность солнечного сияния в теплое полугодие и сокращается в холодное полугодие. Если бы атмосфера отсутствовала, то поступление энергии солнечного излучения на ориентированную на Солнце следящую ед. поверхность за год для любой точки З.Ш. было бы одинаково.
2. Основная причина снижения прихода солнечной энергии – поглощение и рассеивание солнечного излучения в атмосфере. В более высоких широтах длина пути солнечного луча в атмосфере к земной поверхности больше и потери потенциально больше.
3. Крайне важен выбор ориентации приемника для максимального «сбора» солнечной энергии! Максимум – для следящего приемника, для неподвижного – оптимальный угол наклона к горизонту!

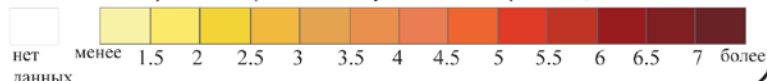
На приведенных ранее картах – излучение на горизонтальную площадку!

ПОСТУПЛЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА СЛЕДЯЩУЮ ЗА СОЛНЦЕМ ПОВЕРХНОСТЬ В ЕВРОПЕ И В РОССИИ

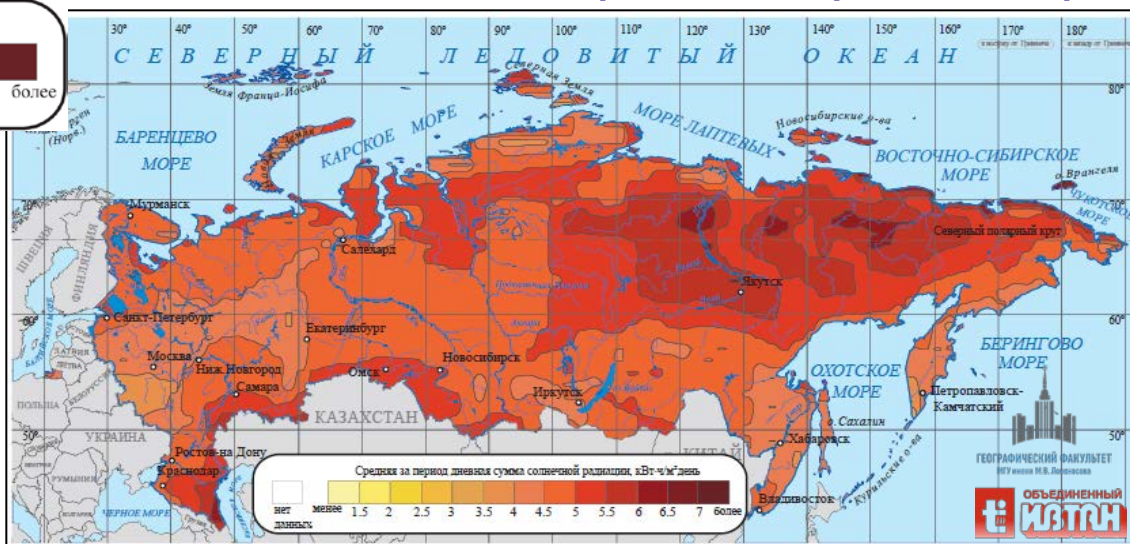
Среднее за год



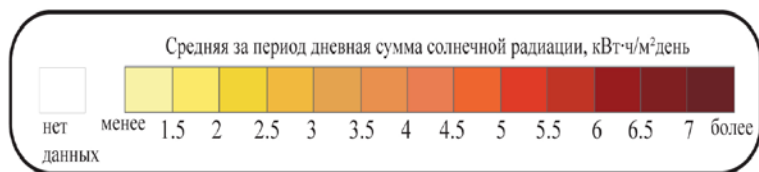
Средняя за период дневная сумма солнечной радиации, кВт·ч/м²·день



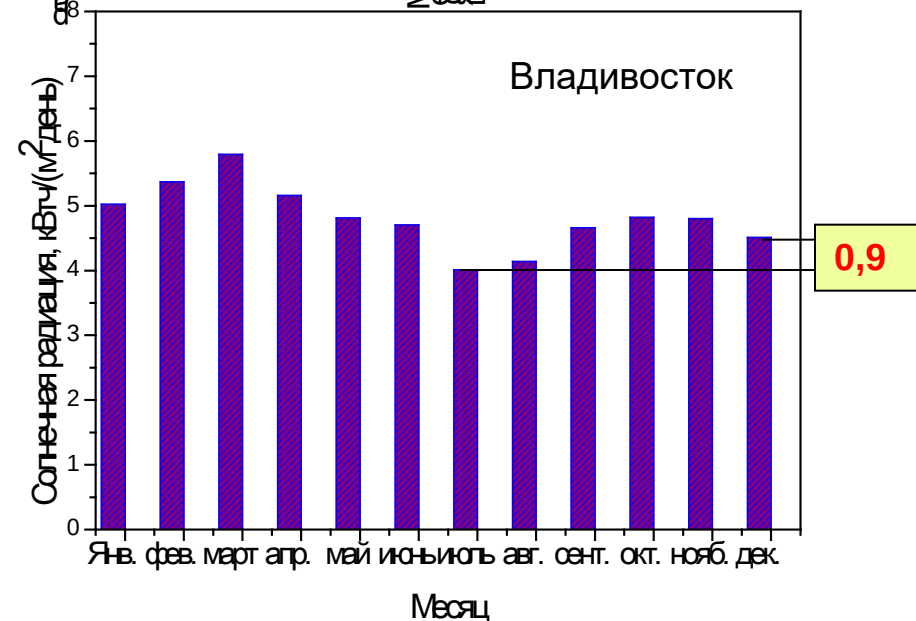
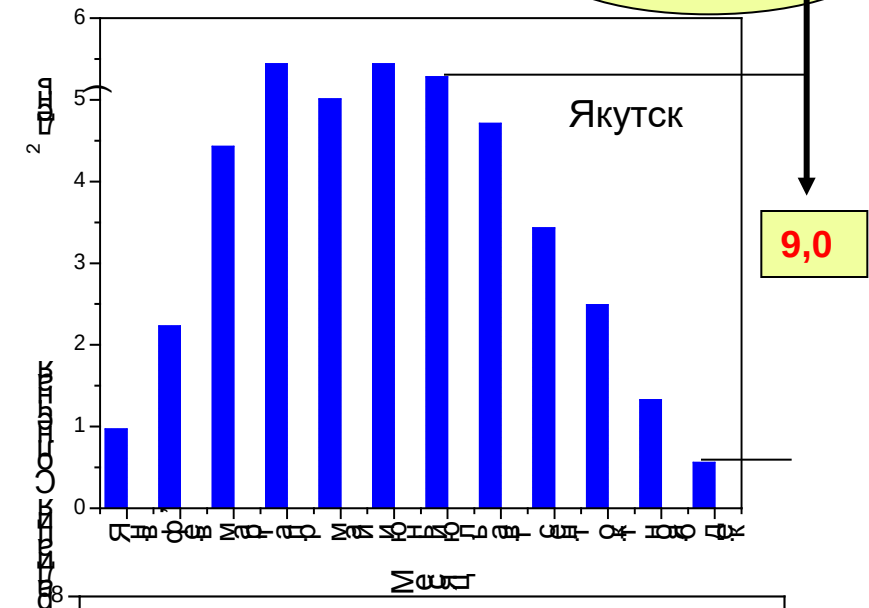
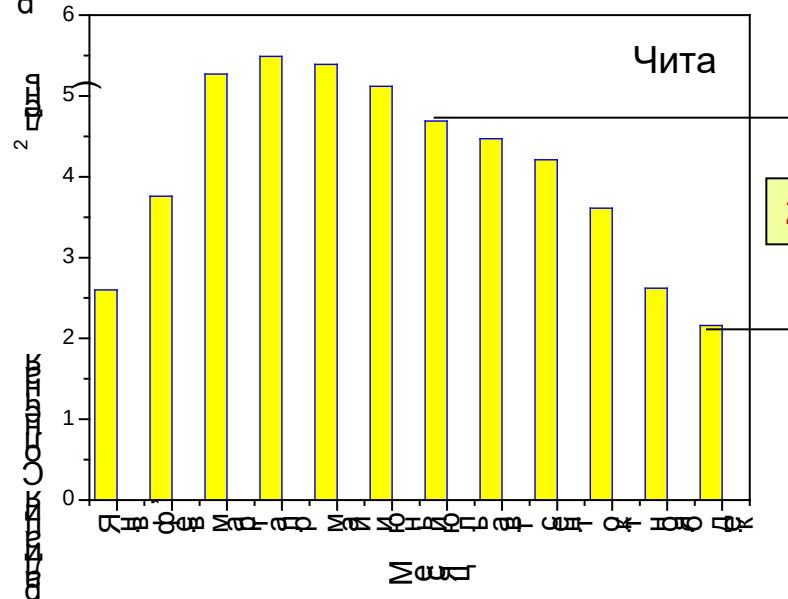
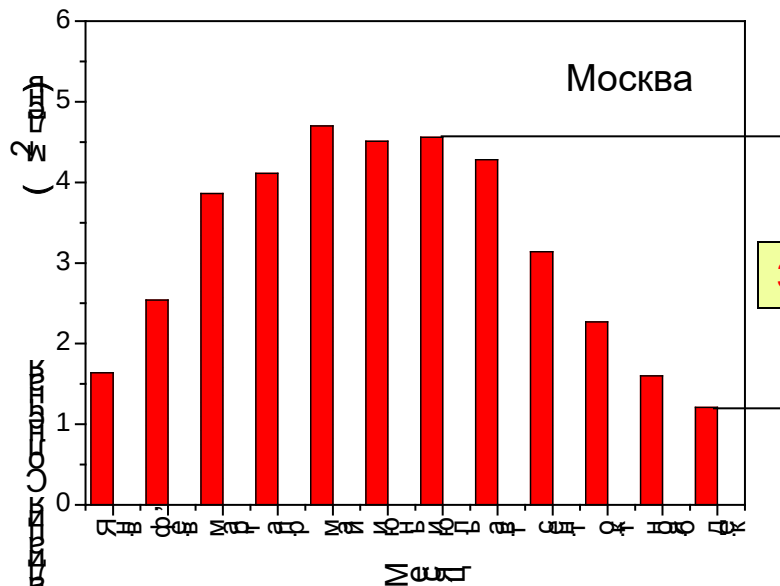
Среднее за апрель-сентябрь



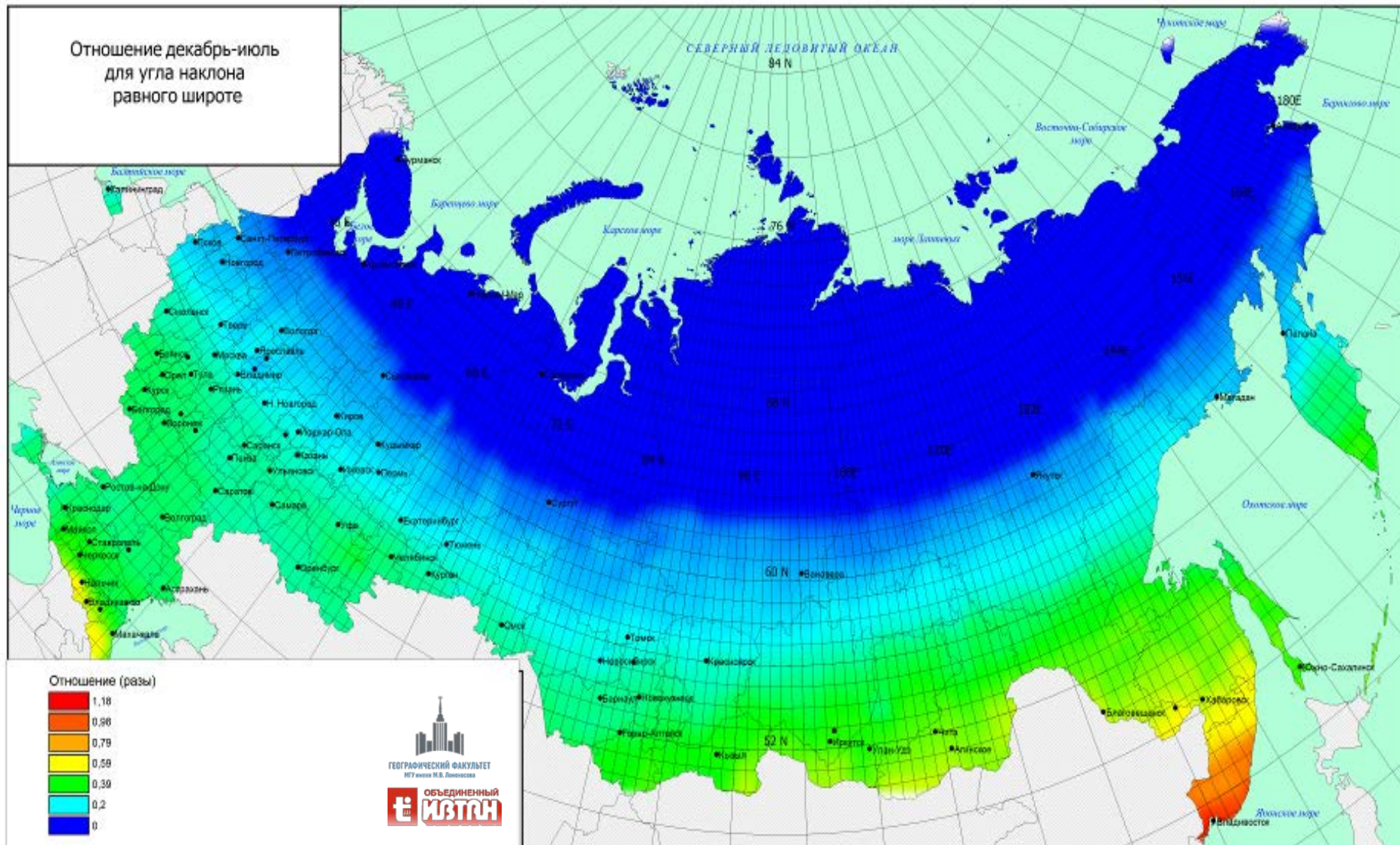
Суммарная среднедневная солнечная радиация на наклонную поверхность южной ориентации с углом наклона равным широте местности (год)



НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПОСТУПЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЛЕТНИЕ И ЗИМНИЕ МЕСЯЦЫ

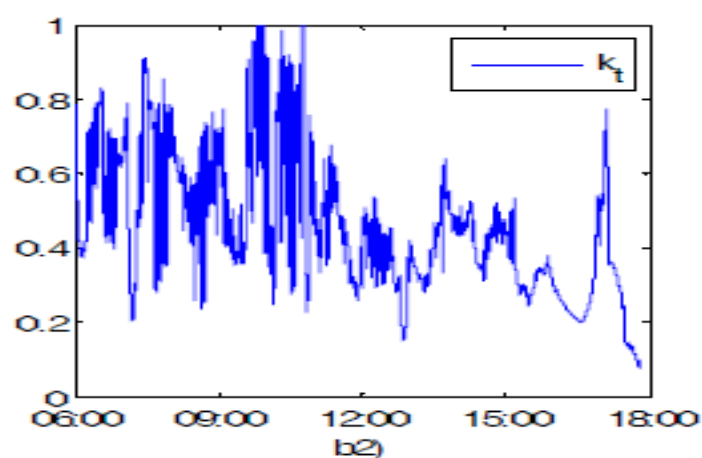
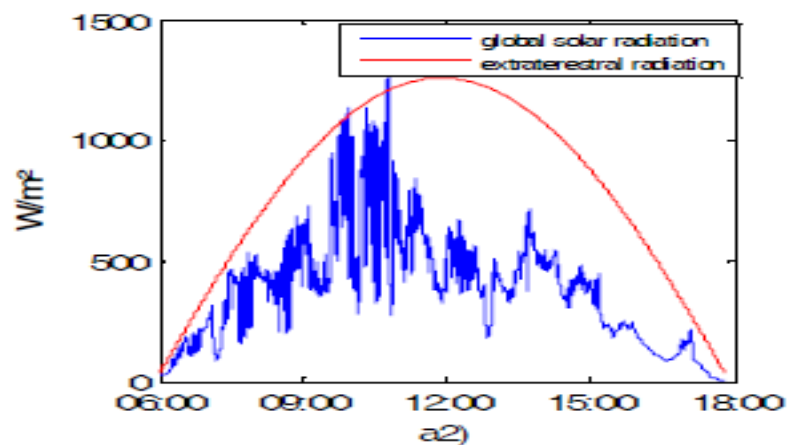
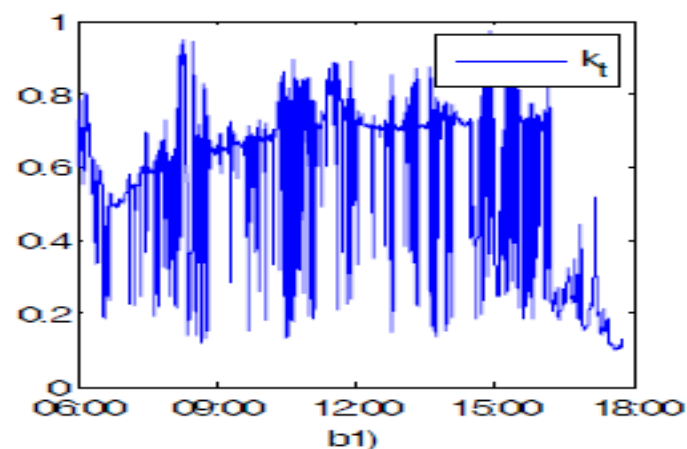
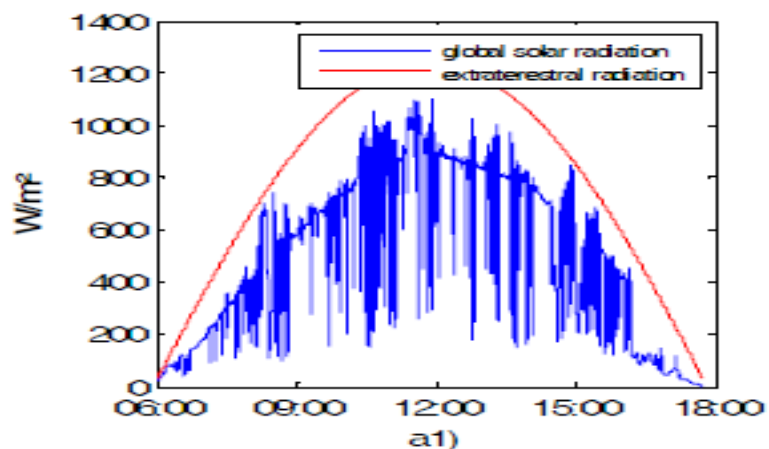


НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПОСТУПЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЛЕТНИЕ И ЗИМНИЕ МЕСЯЦЫ



Для многих регионов России требуется использование аккумуляторов длительного (сезонного) хранения энергии (водород, сжатый воздух, проточные накопители, малые ГАЭС)!

ДНЕВНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ПОСТУПЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

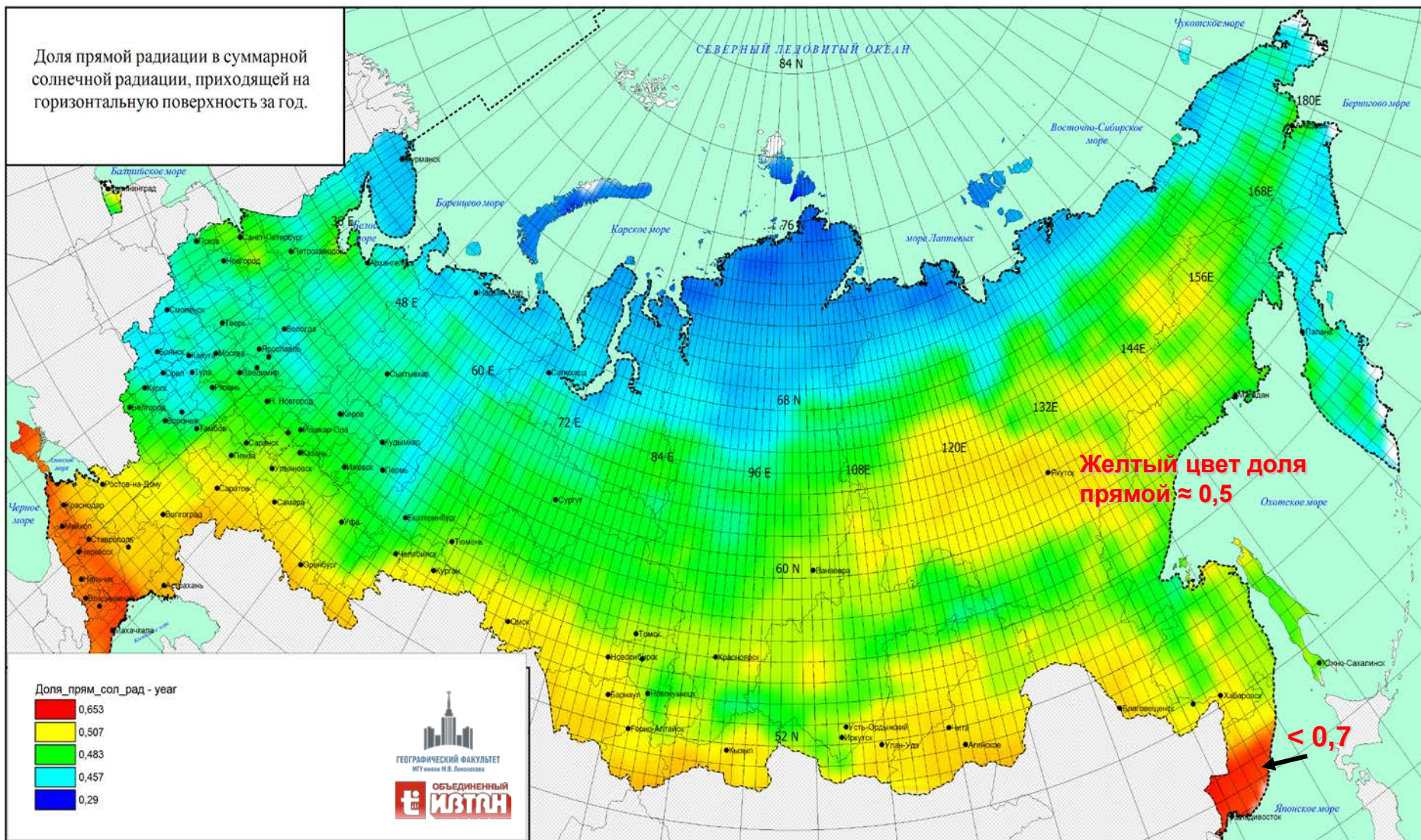


Для регулирования суточной неравномерности генерации энергии требуются накопители энергии краткосрочного хранения (от суперконденсаторов до различных э/х аккумуляторов)!

ДОЛЯ ПРЯМОЙ РАДИАЦИИ В СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ (горизонтальная поверхность, среднее за год)

(концентрации поддается лишь прямая составляющая солнечного излучения!, что оказывает решающее влияние на выбор технологии преобразования солнечной энергии)

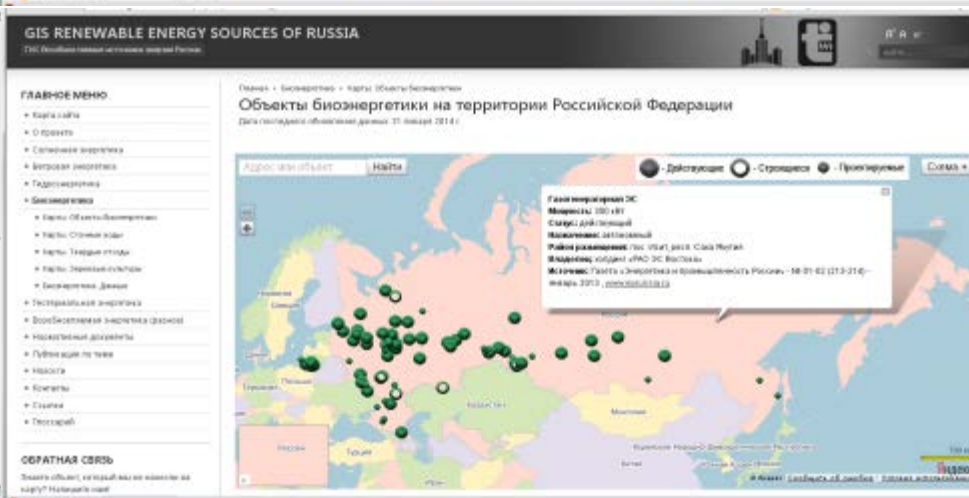
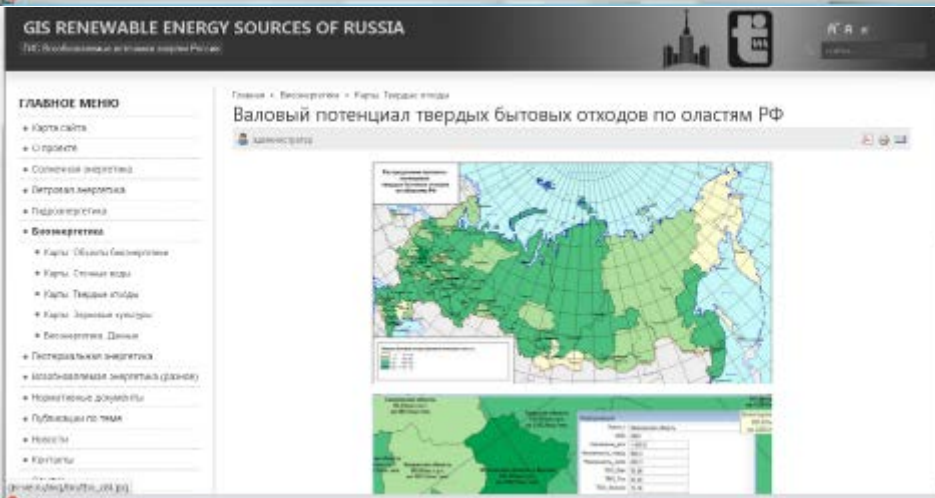
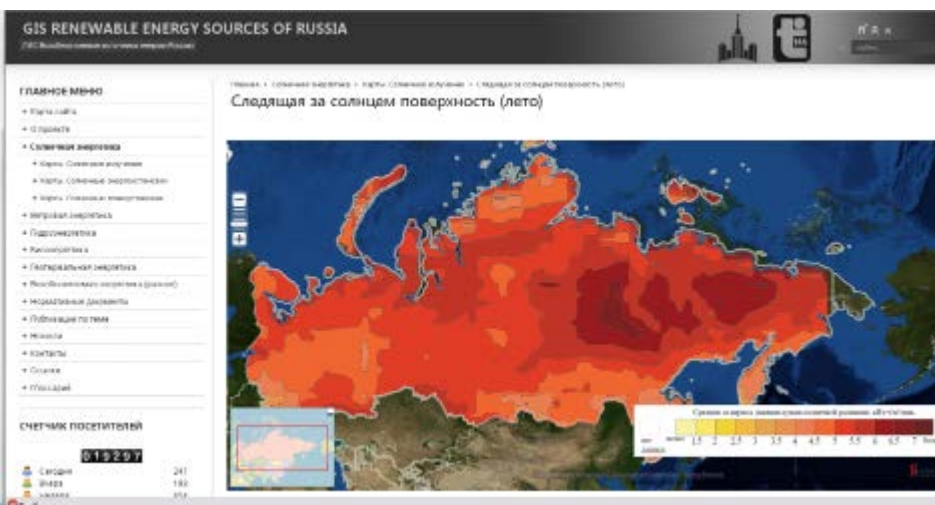
Доля прямой радиации в суммарной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность за год.



ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА (ГИС) «ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ РОССИИ»



Разработанная ОИВТ РАН совместно с Географическим факультетом МГУ им. М.В. Ломоносова ГИС «Возобновляемые источники энергии России» (www.gisre.ru) через Интернет предоставляет потребителям из различных секторов экономики, науки и образования большой массив картографических данных о ресурсах различных видов возобновляемых ресурсов в регионах России, действующих и проектируемых объектах возобновляемой энергетики, научных, образовательных и производственных организациях, занимающихся исследованиями и разработками в данном секторе энергетики.



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

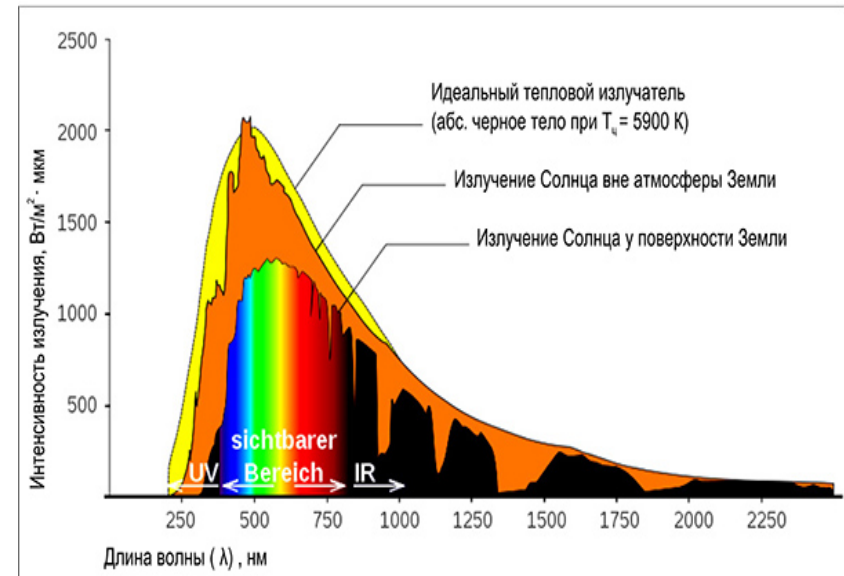
С термодинамической точки зрения солнечное излучение – высокоэнергетический поток энергии, эквивалентный потоку излучения от черного тела с температурой около **6000 К**, (энергия квантов **10-100 эВ**) который может быть преобразован в другие виды энергии с высокой эффективностью.

Недостаток - относительно низкая плотность энергетического потока:

- за пределами атмосферы $1,4 \text{ кВт/м}^2$
- на поверхности земли – до $1,0 \text{ кВт/м}^2$ в полдень в ясный день, в среднем по суткам – $200\text{-}350 \text{ Вт/м}^2$

Активные фундаментальные и поисковые исследования ведутся в интересных областях

- **преобразования солнечной энергии в химическую** (фотосинтез топлив, фоторазложение воды, фотовосстановление углекислого газа и др.);
- **создания лазеров с солнечной накачкой** (космос)
- **использования солнечного излучения для детоксификации** сточных вод;
- **для нагрева воды, сушки с/х продукции** и многое другое.



Наиболее коммерчески привлекательные технологии использования солнечной энергии

**преобразование
в электроэнергию**

**преобразование
в тепловую энергию**

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, НАШЕДШИЕ ШИРОКОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

с концентраторами

без концентраторов

электричество

тепло !!!

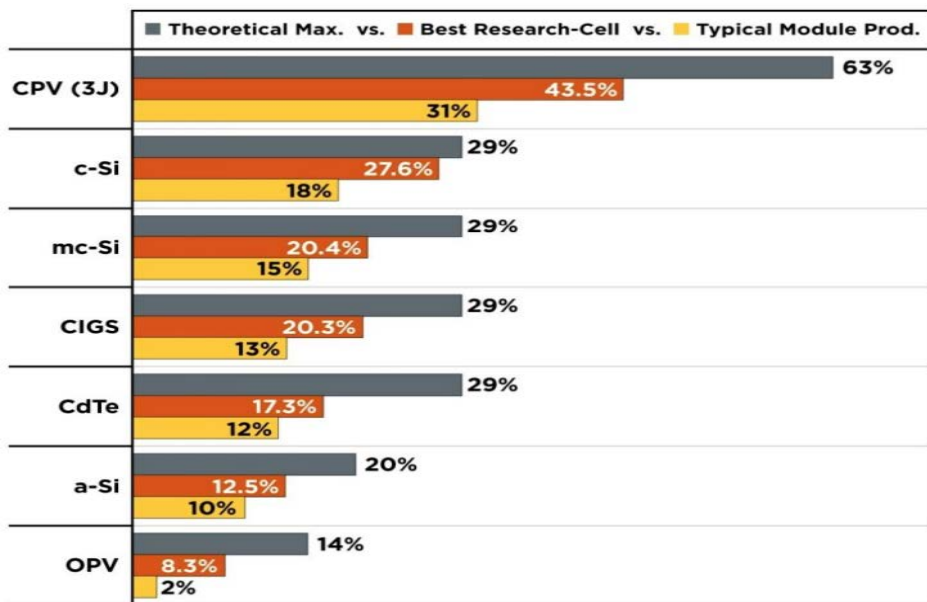
ТЕПЛОВОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

с концентраторами

без концентраторов

электричество

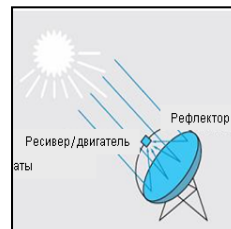
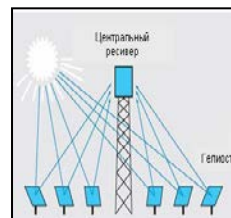
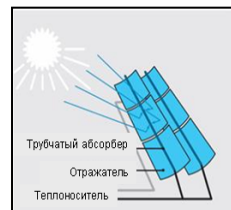
тепло



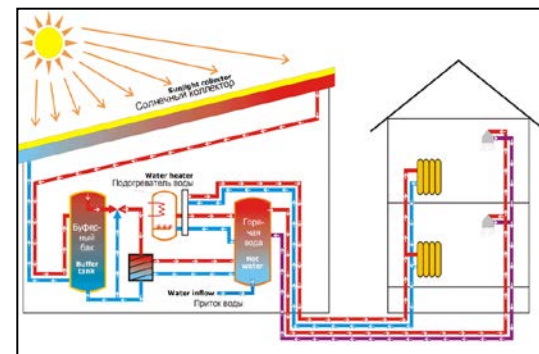
Source: NREL

500 ГВт (э)

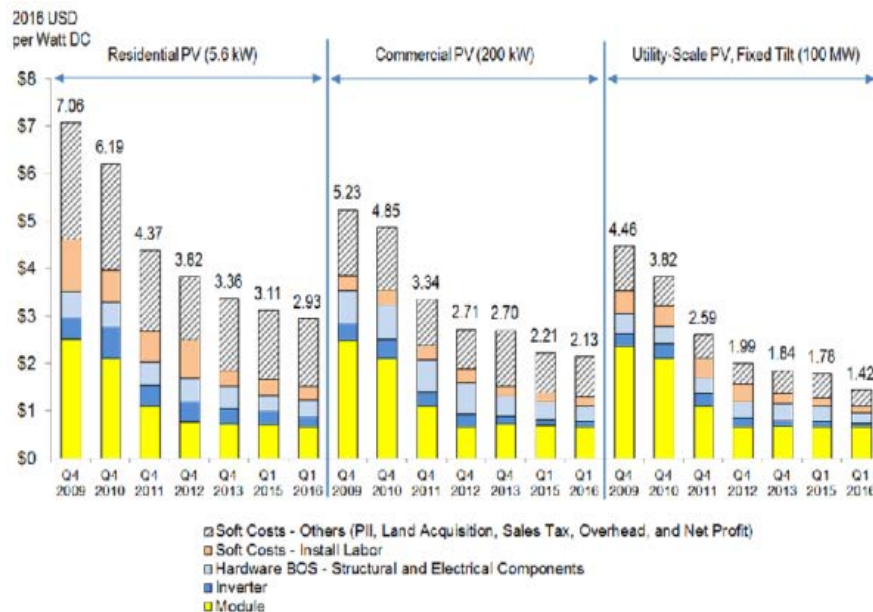
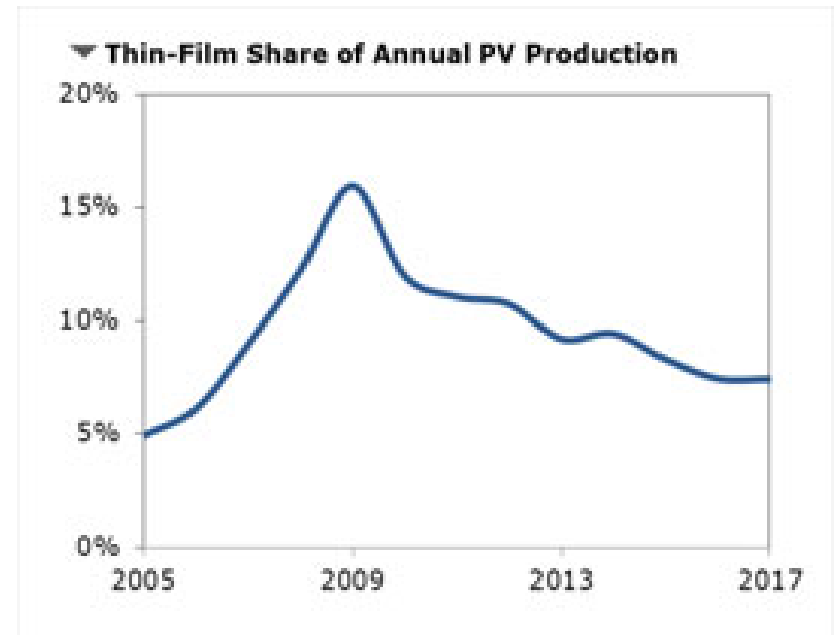
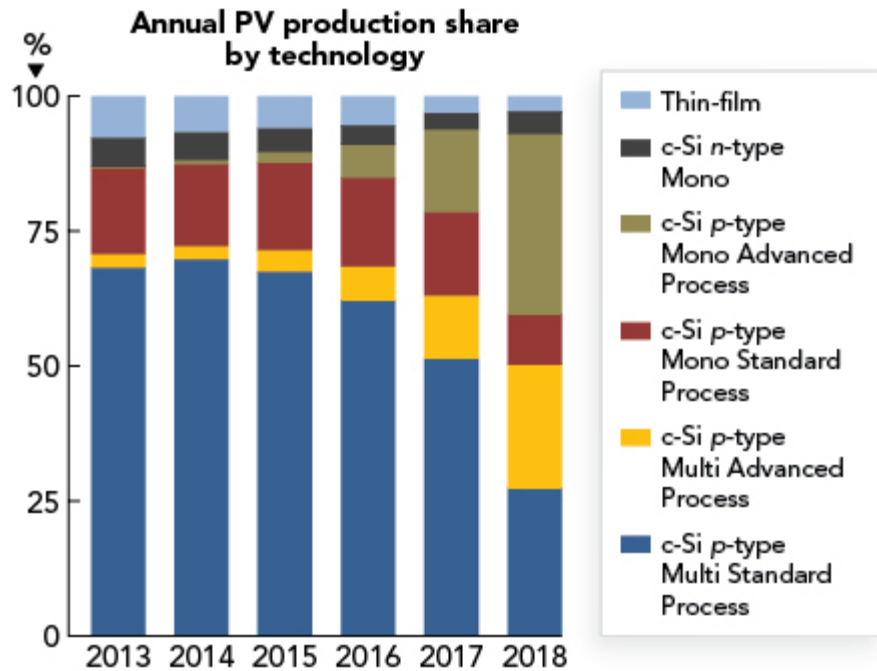
4,9 ГВт (э)



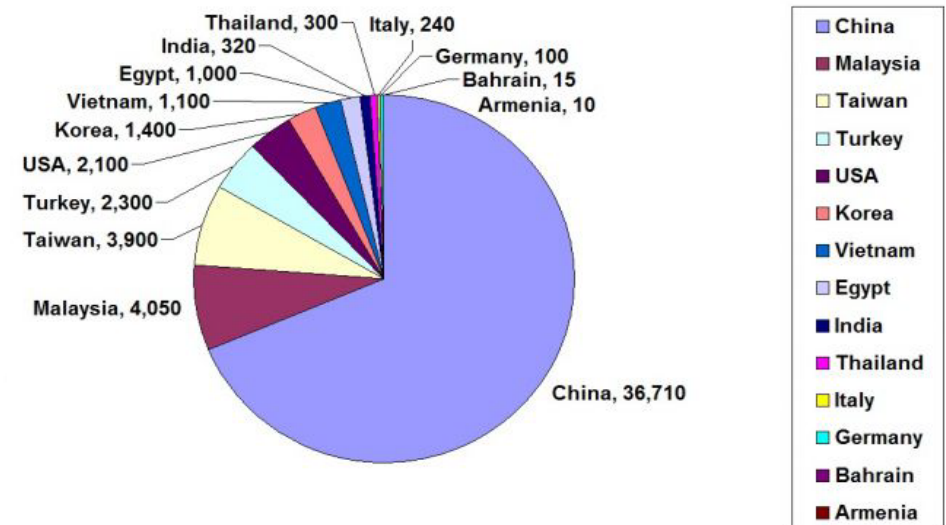
ГВС,
отопление



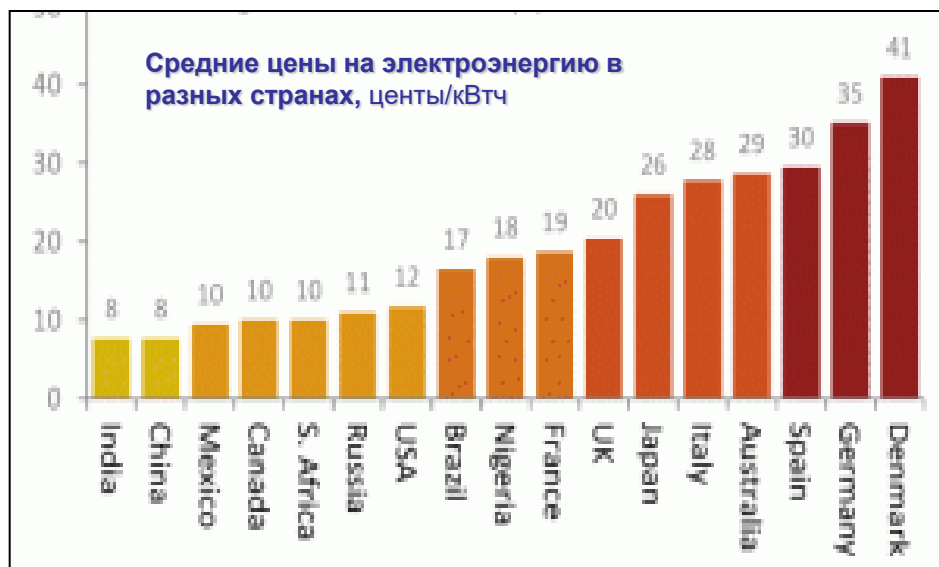
480 ГВт (т)



Total PV Manufacturing Capacity Announcements by Country 1H 2017 (MW)



РАЙОНЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ, ЦЕНОВЫЕ, НЕЦЕНОВЫЕ ЗОНЫ ЭНЕРГОРЫНКА РФ И ИЗОЛИРОВАННЫЕ ЭНЕРГОРАЙОНЫ

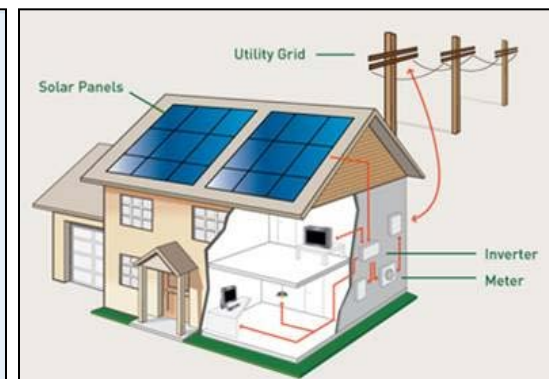
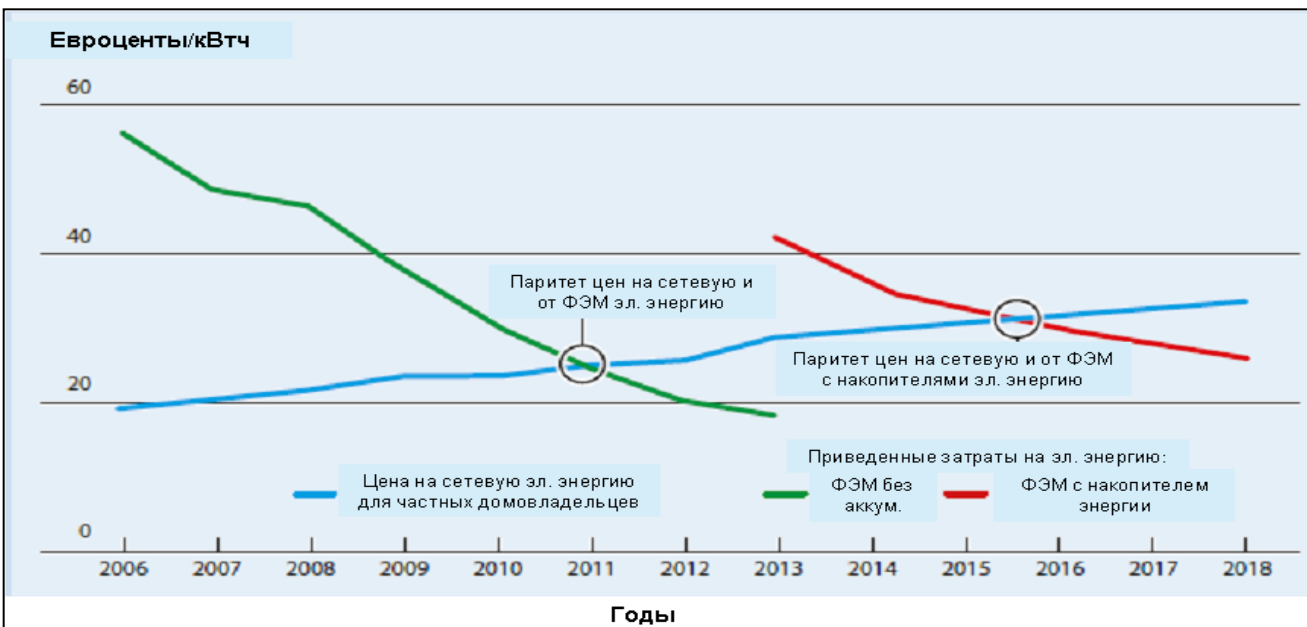


➤ В России цены (тарифы) на отпускаемую потребителям энергию регулируются государством и существенно ниже, чем в Европе и других странах-импортерах энергии!

при этом

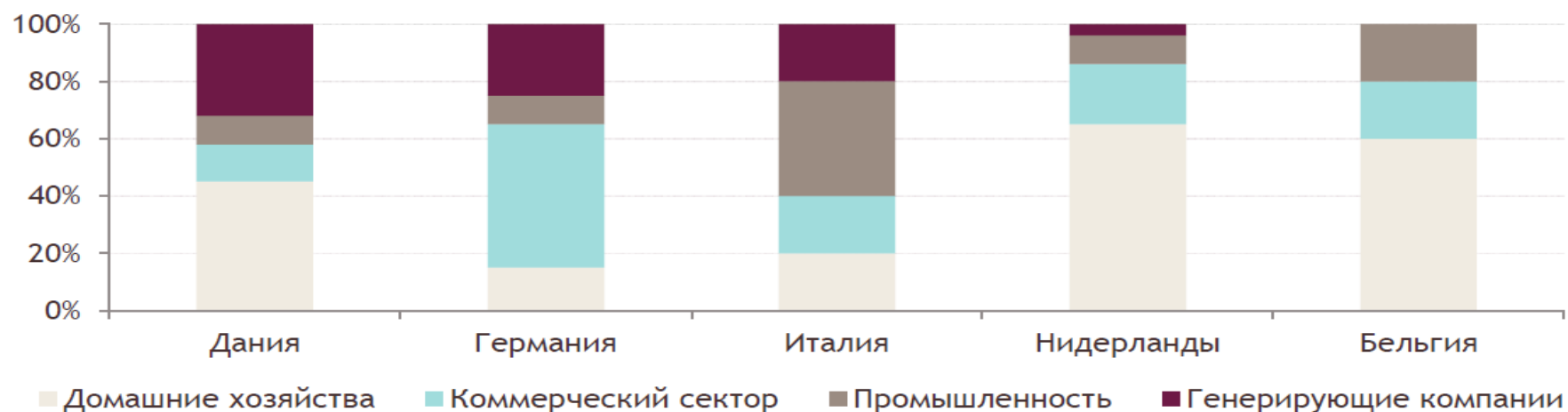
➤ Системы централизованного энергоснабжения охватывают только около 1/3 территории страны, куда доставка топлива обходится дорого, но дотируется из бюджета.

➤ Государством сформулированы амбициозные задачи по опережающему развитию новых территорий (ТОРы), включая Арктику, Дальний Восток и др., освоение которых более эффективно при использовании ВИЭ (постепенное наращивание мощностей с меньшими капитальными затратами)



Соотношение цены на сетевую электроэнергию и приведенных затрат на ее производство крышной ФЭС частного домовладельца в Германии (данные IRENA)

Производство солнечной электроэнергии в странах Западной Европы в 2016 году



Источник — Solar Power Europe

Оценки, выполненные в ОИВТ РАН, показали, что в условиях России фотоэлектрическая микрогенерация может быть сегодня экономически привлекательной для малых потребителей только в энергоизолированных районах Дальнего Востока и частично в неценовых зонах энергетического рынка на Юге страны!

Наиболее широкое практическое применение в мире и в России получили фотоэлектрические преобразователи энергии солнечного излучения

Среди различных технологий изготовления ФЭП наиболее практичными по соотношению качество/стоимость являются ФЭП на основе Si без концентраторов солнечного излучения.

Их преимущества:

- долговечность (срок службы более 30 лет без существенной потери эффективности),
- достаточно высокий КПД (15 – 23%),
- относительно низкая стоимость (\$ 300–500/кВт(пик)),
- возможность создания энергоустановок в широком диапазоне мощностей (от Вт до десятков МВт),
- эффективность преобразования как прямого, так и диффузного солнечного излучения.



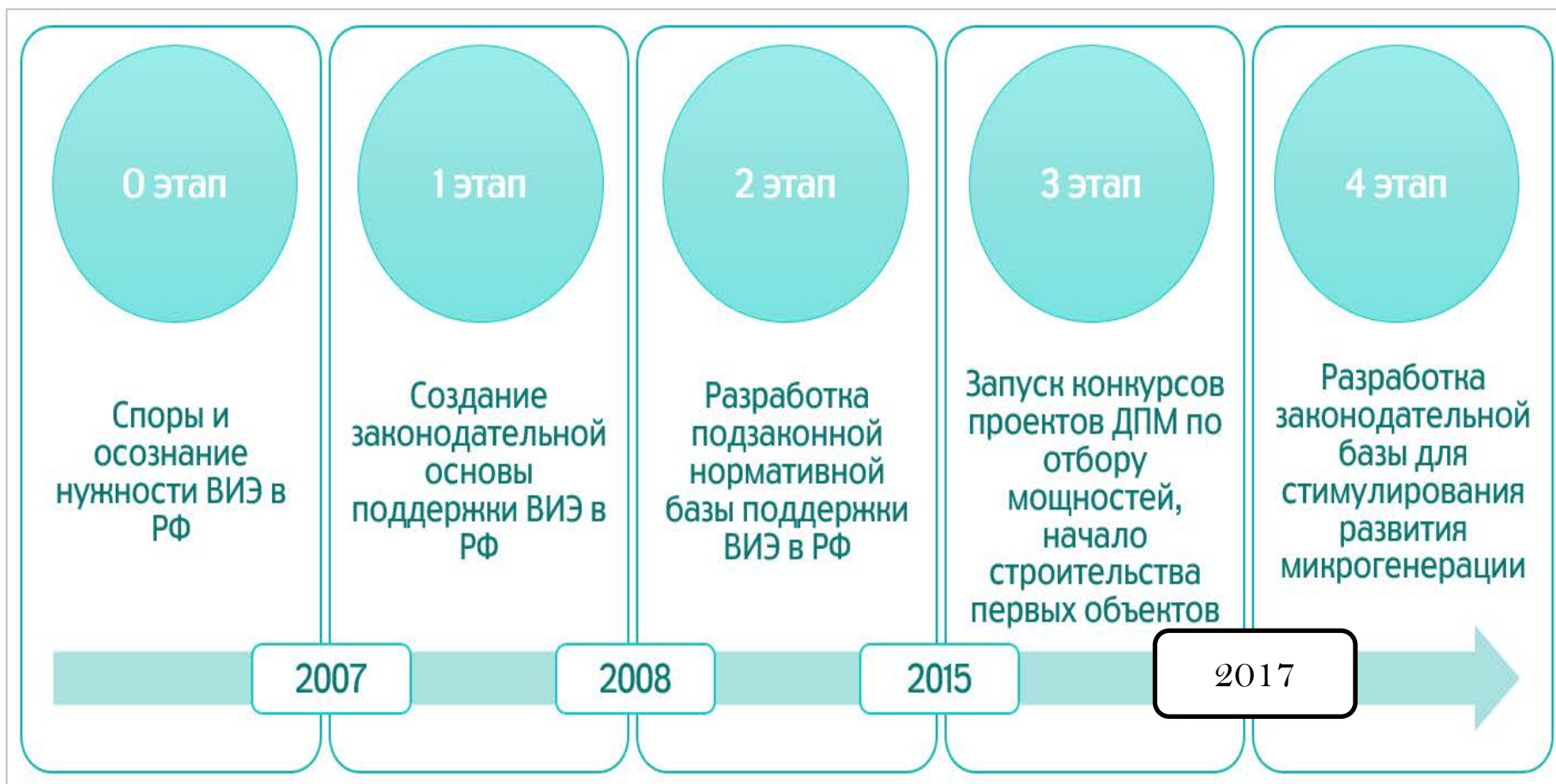
Высотный БПЛА
(псевдоспутник)



**«Альбатрос»
(РЕНОВА – РОТЕК)**

35000 км - Протяженность полета
210 км/ч - Средняя скорость
150 ч Время в пути

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ



В России в течение последних 5-7 лет сформирован современный НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (НПК СЭ)

Трансфер технологий

Ключевые функции	Организации-участники
Фундаментальные исследования и разработка лабораторных технологий, подготовка кадров	
Прикладные исследования и разработка промышленных технологий изготовления ФЭП и ФЭМ	
Промышленное производство фотоэлектрических модулей	
Проектирование и сооружение солнечных электростанций	

Работа - лауреат премии
Правительства РФ в области
науки и техники 2018 г.

Эффективное практическое развитие солнечной энергетики должно опираться не только на технологические разработки, но и на расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в обоснование проектирования, создания ФЭС и их эффективной эксплуатации



Реализация проекта обеспечила вхождение России в тройку стран-лидеров, освоивших промышленное производство ФЭМ с кпд > 20% !

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ГОТОВНОСТЬ В 2018 ГОДУ

ОТРАСЛИ ВЭ	Отбор проектов по ДПМ	Строительство электростанций	Освоение производства оборудования (локализация)	Реализация российских н/технических достижений	Экспорт российского оборудования и технологий
Солнечная энергетика	+	+	+	+	+ -
Ветро- энергетика	+	+	+ -	-	-
Перера- ботка отходов	+	+ -	-	-	-

Солнечная энергетика среди других технологий возобновляемой энергетики заняла лидирующее положение в России!

В результате реализации проекта «Хевел» Россия вошла в тройку стран-лидеров, освоивших пром. производство ФЭМ с кпд более 20%!

НОВЫЕ МОЩНОСТИ И ИНВЕСТИЦИИ ПО РАЗЫГРАННЫМ КОНКУРСАМ

Типы ВИЭ	Объемы рынка, ГВт	Участники рынка
Солнечная энергетика	1,76 Инвестиции 175 млрд. руб.	ООО "Авелар Солар Технолоджи" <i>(ранее была компания РСК-ЭНКО)</i> ПАО "Т Плюс" ООО "Солар Системс" ООО "Грин Энерджи Рус" Bright Capital
Ветроэнергетика	3,35 Инвестиции ок. 265 млрд. руб.	Роснано-Фортум Росатом Энел
Переработка ТКО	0,335 Инвестиции ок. 127 млрд. руб.	Ростех и Роснано

ПЛАНИРУЕМЫЕ МАСШТАБЫ ВВОДА МОЩНОСТЕЙ ВИЭ ПО КОНКУРСАМ ДПМ



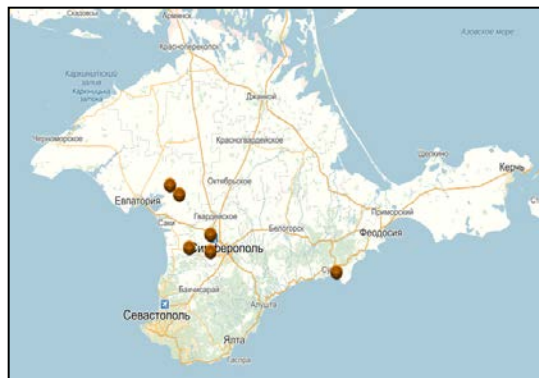
Солнечные электростанции и энергоустановки России

Суммарная мощность российских солнечных энергоустановок, обобщенных ГИС (без Крыма), около 600 МВт!

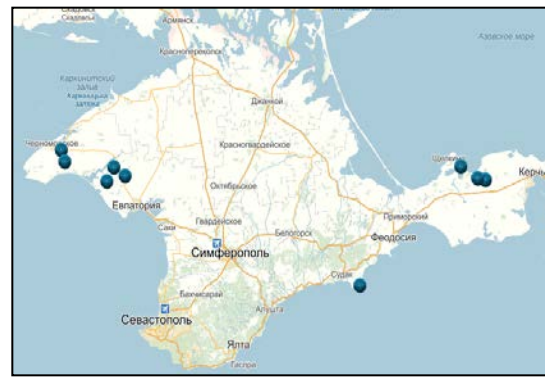
<http://gisre.ru/maps/maps-obj/ses>



Солнечные
электростанции
Крыма 400 МВт



Ветровые
электростанции
Крыма
около 80 МВт



ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА – ВАЖНЫЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Виды генерирующих объектов	Год ввода в эксплуатацию	Целевой показатель степени локализации
Генерирующие объекты, функционирующие на основе энергии ветра	2016 год 2017 год 2018 год с 2019 по 2024 год	25% 40% 55% 65%
Генерирующие объекты, функционирующие на основе фотоэлектрического преобразования энергии солнца	с 2014 по 2015 год с 2016 по 2024 год	 50% 70%
Генерирующие объекты,	с 2014 по 2015	

Российские участники отрасли кремниевой энергетики

	Наименование технологического передела	Вклад в степень локализации, %	Производство	R&D
1	Производство поликристаллического кремния и рост слитков	20	«Гелиос-ресурс», «Солар Системс» - только слитки, НИТОЛ, ЗПК - ???	ИТ СО РАН – только в части поликремния
2	Резка слитка на пластины	15	«Гелиос-ресурс», «Солар Системс»	
3	Изготовление фотоэлектрического преобразователя, включая покрытия и контактные структуры	25	«Хевел»* «Солнечный ветер» - ??? «Квант» - ??? «ПХМЗ» - ???	НТЦ ТПТ Хевел – НИТ-технологии, НИИЯФ МГУ – контактные структуры и конструкции ФЭП, ВИЭСХ – ФЭП с вертикально ориентированными переходами
4	Сборка фотоэлектрического модуля	5	«Гелиос-ресурс», «Хевел», «Телеком-СТВ»**, «Рязанский завод металлокерамических приборов», «Солнечный ветер» - ??? «Квант» - ??? «ПХМЗ» - ???	ВИЭСХ – новые ламинирующие материалы, НТЦ ТПТ Хевел, «Телеком-СТВ» - изготовление гибких и складных модулей
5	Сборка и тестирование инвертора	12	«Связь-инжиниринг», «Шнайдер Электрик Рус»***	«Эл-Си-Эл», «Энергетические технологии», Арктический центр МФТИ, «СПТ», Томский политехнический университет, «Авангард» и еще ряд организаций****

*- не использует пластины от «Гелиос-ресурс» и «Солар системс» в силу повышенных требований для реализации НИТ-технологии

** - в основном ориентирован на рынок специальных применений в силу малых объемов производства

*** - основная масса производственных организаций ориентирована на создание систем для сетевых станций, где обеспечен рынок, а основная масса разработчиков – на продукты для автономной энергетики, где по-прежнему существует ряд нерешенных проблем

Фотоэлектрические системы на основе иных материалов

	Тип фотоэлектрической системы	Производство	R&D
1	A3B5	«Квант»	«Квант», НИТУ «МИСИС»
2	A3B5	«Сатурн»	ФТИ им. Иоффе
3	Перовскитоподобные материалы	-	НИТУ «МИСИС», МГУ, ИТМО, Владимирский ГУ, Сколтех, ИФХЭ РАН
4	CIGS	-	ИПХФ РАН

В последние годы в России удалось кратно увеличить объемы производства фотоэнергетической продукции, за счет чего российская фотоэнергетика стала заметной на международной арене, однако наибольшие опасения для дальнейшего развития отрасли вызывают:

- очень высокая зависимость отрасли от импорта в области машиностроения и ключевых материалов;
- отсутствие российских производителей поликремния и высокочистых силанов (сырья для него), что влечет большие риски не только для солнечной энергетики, но и для микроэлектроники, где кремний по прежнему остается базовым материалом;
- наличие **единственного** в стране промышленного производителя ФЭП – наиболее наукоемкого и высокотехнологичного передела в данной отрасли;

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

(для учета в КНТП «Распределенная энергетика»)

- Разработка усовершенствованных ФЭМ с высоким КПД, ресурсом и низкой стоимостью,
- Разработка преобразовательного оборудования и интеллектуальных систем управления,
- Развитие методов адекватного моделирования солнечных энергоустановок и энергокомплексов на их основе,
- Мониторинг и обобщение результатов эксплуатации созданных сетевых солнечных электростанций с целью усовершенствования технических решений и технологий моделирования, проектирования и создания ФЭС,
- Разработка и оптимизация (с учетом климатических условий и графиков нагрузок) гибридных солнечно-дизельных энергоустановок для различных регионов страны и сфер применения, разработка автономных интеллектуальных необслуживаемых гибридных солнечно-микрогазотурбинных энергоустановок мощностью 30-100 кВт,
- Разработка методов прогнозирования выработки ФЭС на сутки вперед для повышения экономических показателей сетевых станций,
- Разработка малых автономных солнечных энергоустановок с эффективными накопителями энергии для широкого круга потребителей, включая ВС, МЧС, Арктику и др.
- Научно-техническое обоснование экспортных вариантов солнечных энергоустановок с учетом климатических условий стран-импортеров.

Другие направления НИОКР в области возобновляемой энергетики требуется рассмотреть более детально на специализированной Секции Совета.