



**Всероссийский конгресс научно-технической  
общественности**

**Инновационное развитие  
техническая модернизация  
возобновляемой энергетики России**

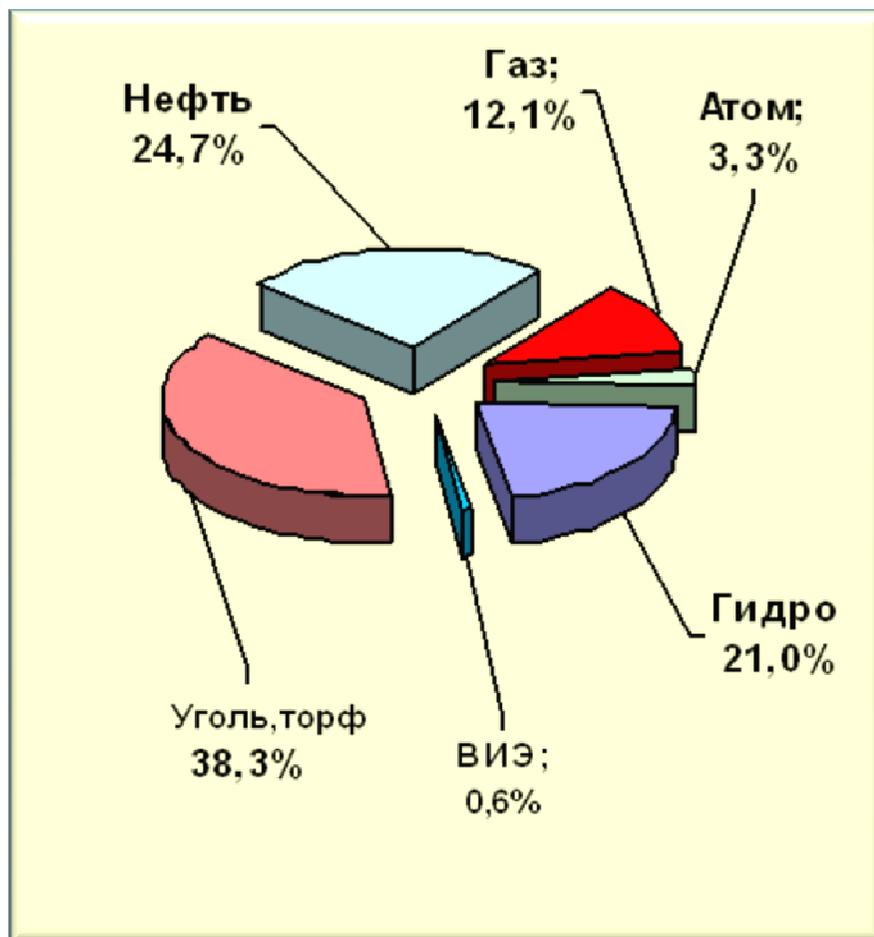
**П.П. Безруких,  
Институт энергетической стратегии,**

**Д.С. Стребков,  
Всероссийский научно – исследовательский институт  
электрификации сельского хозяйства**

**23 ноября 2011г.  
г. Москва, Главный конференц-зал Президиума РАН**

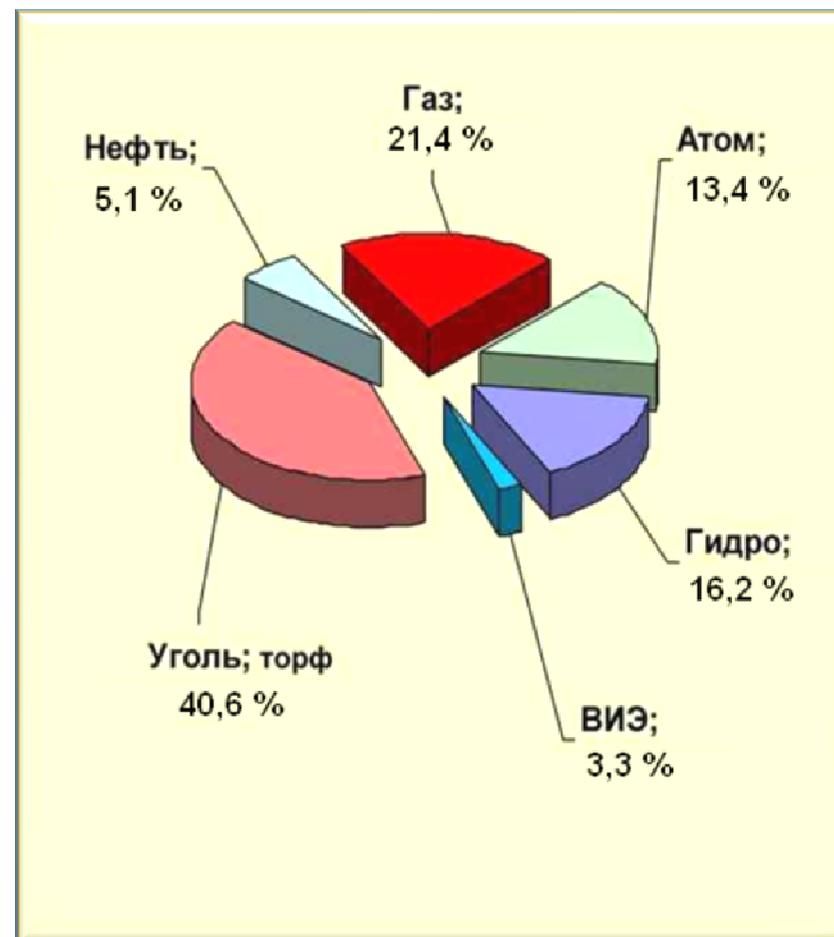
# Производство электроэнергии в мире в 1973 и в 2009 годах

1973



6115 ТВт\*ч

2009



20055 ТВт\*ч

## Индикаторы состояния и темпы развития ВЭ мира

	Единицы измерения	2008	2009	2010	2010/2009
Годовые инвестиции в возобновляемую энергетику	<i>млрд. \$ США</i>	130	160	211	1,32
Мощность электростанции возобновляемой энергетики (без ГЭС)	<i>ГВт</i>	200	250	312	1,25
Мощность ГЭС	<i>ГВт</i>	590	980	1010	1,03
Мощность ВЭС	<i>ГВт</i>	121	159	198	1,24
Мощность фотоэлектрических станций	<i>ГВт</i>	16	23	40	1,74
Годовое производство солнечных элементов	<i>ГВт</i>	6,9	11	24	2,2
Мощность солнечных водонагревателей	<i>ГВт (тепл)</i>	130	160	185	1,15
Годовое производство этанола	<i>млрд.литр.</i>	67	76	86	1,13
Годовое производство биодизельного топлива	<i>млрд.литр.</i>	12	17	19	1,12
Страны, установившие государственные цели в использовании ВИЭ	<i>кол-во</i>	79	89	98	1,1

Источник: REN21. Renewables 2011. Global status report

## Пять первых стран по вводу мощности на базе ВИЭ в 2010 г

	Инвестиции в В.Э.	Ветро- энергетика	Фото- энергетика	Солнечное горячее водоснабжение и обогрев	Производство этаноло	Производство биодизеля
1.	Китай	<i>Китай</i>	<i>Германия</i>	<i>Китай</i>	<i>США</i>	<i>Германия</i>
2.	Германия	<i>США</i>	<i>Италия</i>	<i>Германия</i>	<i>Бразилия</i>	<i>Бразилия</i>
3.	США	<i>Испания</i>	<i>Чешская республика</i>	<i>Турция</i>	<i>Китай</i>	<i>Аргентина</i>
4.	Италия	<i>Германия</i>	<i>Япония</i>	<i>Индия</i>	<i>Канада</i>	<i>Франция</i>
5.	Бразилия	<i>Индия</i>	<i>США</i>	<i>Австралия</i>	<i>Франция</i>	<i>США</i>

## Пять первых стран по установленной мощности на базе ВИЭ в 2010 г

	Мощности на базе ВИЭ (без ГЭС)	Мощности на базе ВИЭ включая ГЭС	Ветро энергетика	Биомасса	Геотермальная энергетика	Фото- энергетика	Солнечное горячее водоснабже- ние и обогрев
1.	<i>США</i>	<i>Китай</i>	<i>Китай</i>	<i>США</i>	<i>США</i>	<i>Германия</i>	<i>Китай</i>
2.	<i>Китай</i>	<i>США</i>	<i>США</i>	<i>Бразилия</i>	<i>Филиппины</i>	<i>Испания</i>	<i>Турция</i>
3.	<i>Германия</i>	<i>Канада</i>	<i>Германия</i>	<i>Германия</i>	<i>Индонезия</i>	<i>Япония</i>	<i>Германия</i>
4.	<i>Испания</i>	<i>Бразилия</i>	<i>Испания</i>	<i>Китай</i>	<i>Мексика</i>	<i>Италия</i>	<i>Япония</i>
5.	<i>Индия</i>	<i>Германия/ Индия</i>	<i>Индия</i>	<i>Швеция</i>	<i>Италия</i>	<i>США</i>	<i>Греция</i>

Источник: REN21. Renewables 2011. Global status report

# Динамика установленной мощности ВЭС в мире за период 1996-2010 гг.

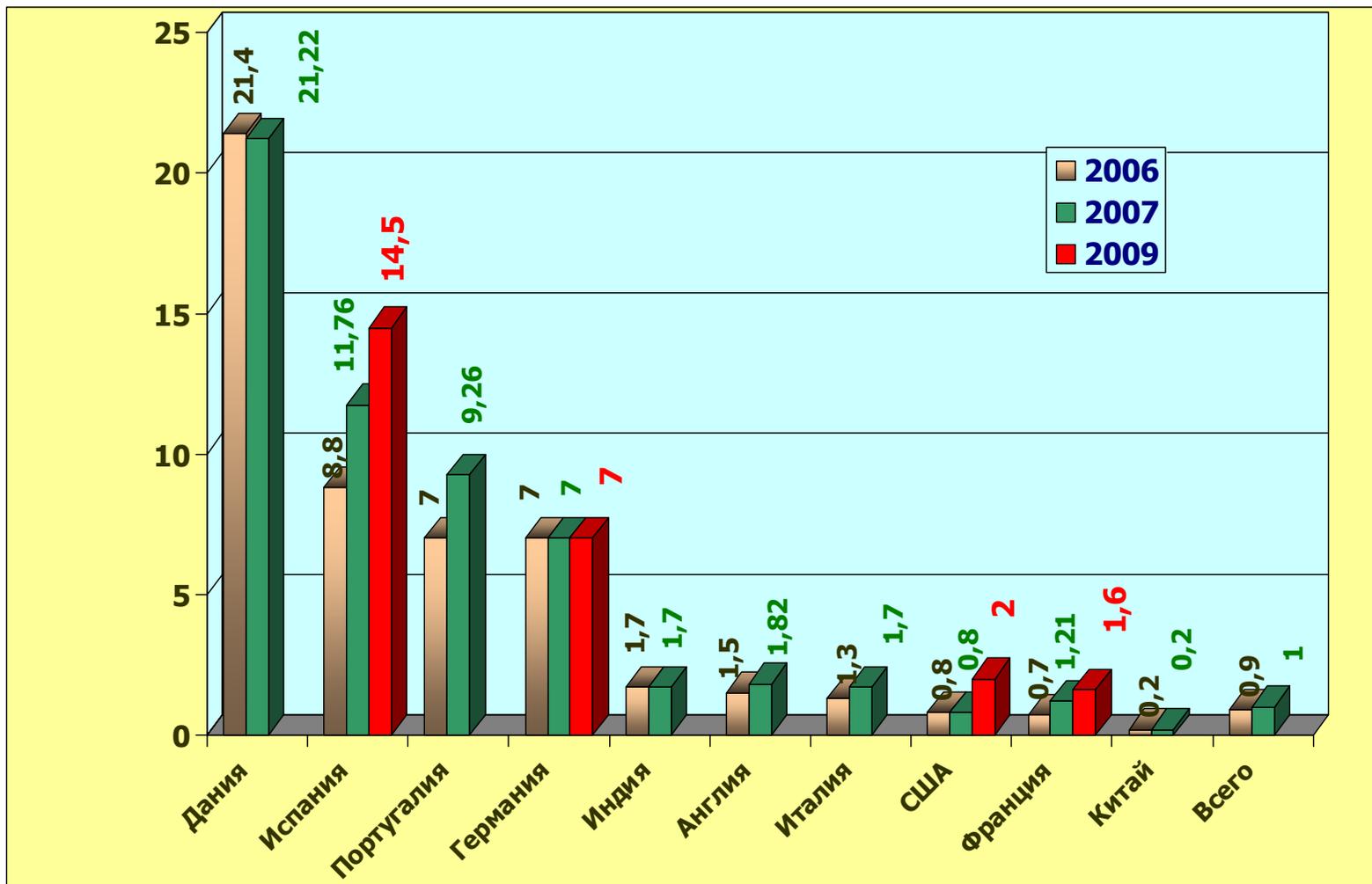
REN21  
Renewable Energy  
Policy Network  
for the 21st Century



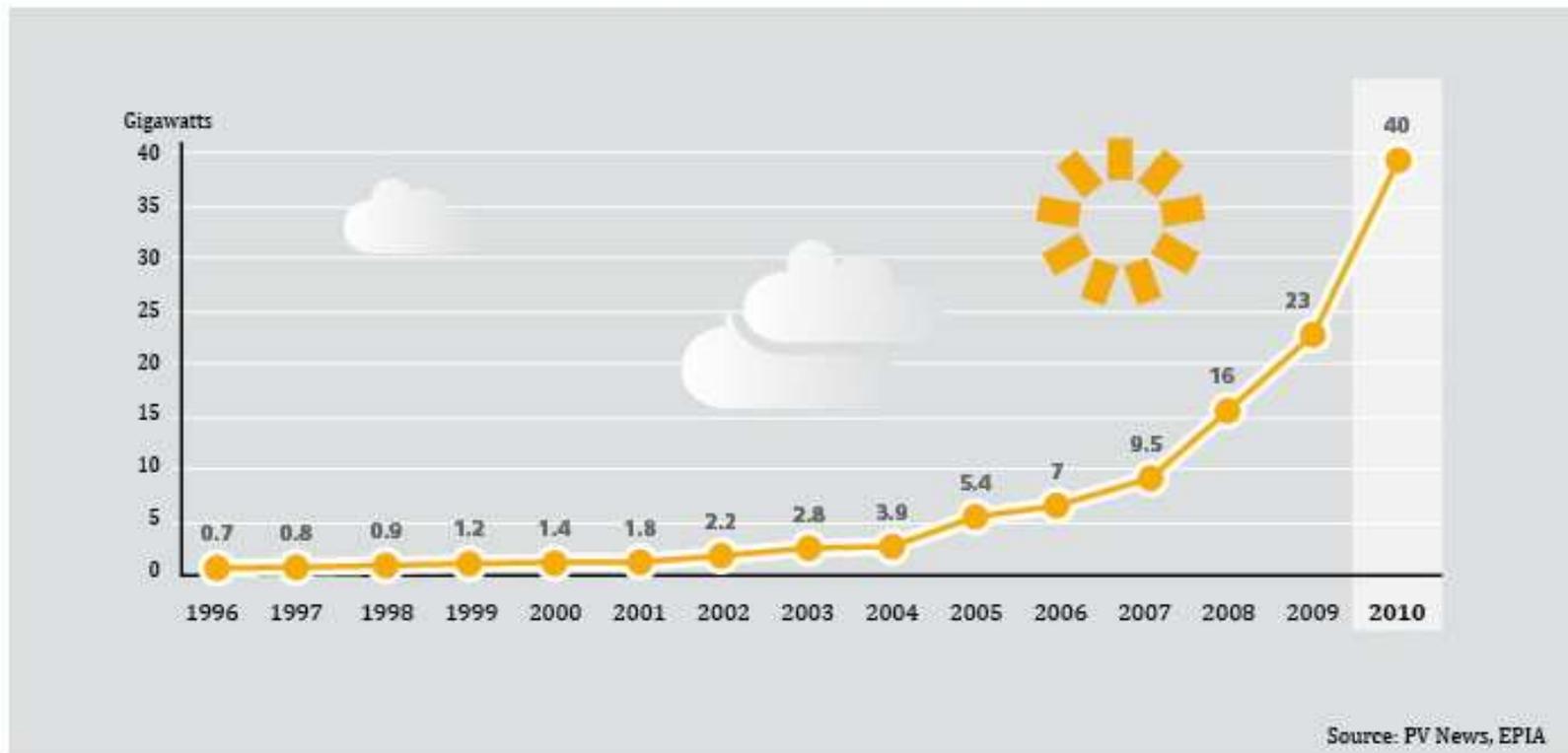
Source: GWEC, WWEA, EWEA, AWEA, MNRE, BMU, BTM Consult, IDAE, CREIA, CWEA

RENEWABLES 2011  
GLOBAL STATUS REPORT

## Доля ВЭС в производстве электроэнергии в 2006, 2007 и 2009 гг.



# Динамика установленной мощности ФЭС в мире за период 1996-2010 гг.



## Выработка электроэнергии в России на базе ВИЭ, включая малые ГЭС, млн. кВт\*ч

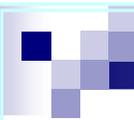
№	Период	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
1	Ветроэлектростанции	2.917	4.12	6.645	8.832	14.075	9.63	8.383	6.623	5.235	4,174
2	Геотермальные электростанции	58.2	91.2	149.1	313.1	395.1	396.4	462.6	484.7	464.6	464
3	Малые ГЭС	2672.7	2541.9	2421.9	2422.2	2748.8	2777.1	2548.4	2715.5	2867.7	3318.3
4	Тепловые электростанции на биомассе	1816.9	2151	2444.1	2618.6	2824.1	2709.1	2910	2820.7	3122.7	2964.7
<b>ИТОГО:</b>		<b>4551</b>	<b>4788</b>	<b>5022</b>	<b>5363</b>	<b>5982</b>	<b>5892</b>	<b>5929</b>	<b>6028</b>	<b>6460</b>	<b>6751</b>
Производство электроэнергии на электростанциях России		877800	891300	891300	916300	931900	953100	931381	1008256	1040400	990000
Доля возобновляемых источников энергии, %		0.52	0.54	0.56	0.59	0.64	0.62	0.64	0.60	0.62	0.68

## Оценка потенциала ВИЭ в России

Ресурсы	Валовый потенциал, млн. т у.т./год	Технический потенциал, млн. т у.т./год	Экономический потенциал, млн. т у.т./год
Энергия ветра	44326	2216	11
Малая гидроэнергетика	402	126	70
Солнечная энергия	2 205400	9695	3
Энергия биомассы	467	129	69
Геотермальная энергия (гидротермальные ресурсы)	*	11869	114
Низкопотенциальное тепло	563	194	53
<b>ИТОГО по ВИЭ</b>	<b>2 251158</b>	<b>24229**</b>	<b>320</b>

\*Валовый потенциал гидротермальной энергии составляет 29,2 трлн. т у.т.

\*\*Технический потенциал приливной энергии трех створов ПЭС (Мезенской, Пенжинской и Тугурской) составляет 253 ТВт\*ч или 83 млн. т у.т. с суммарной энергетической мощностью 109 ГВт.



## Распоряжением Правительства РФ от 8 апреля 2010 г. №1р утверждены:

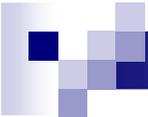
**"Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года".**

**Установлены показатели доли ВИЭ в производстве электроэнергии:**

***2010 год – 1,5%***

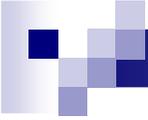
***2015 год – 2,5%***

***2020 год – 4,5%***



## Бесхлорная технология солнечного кремния

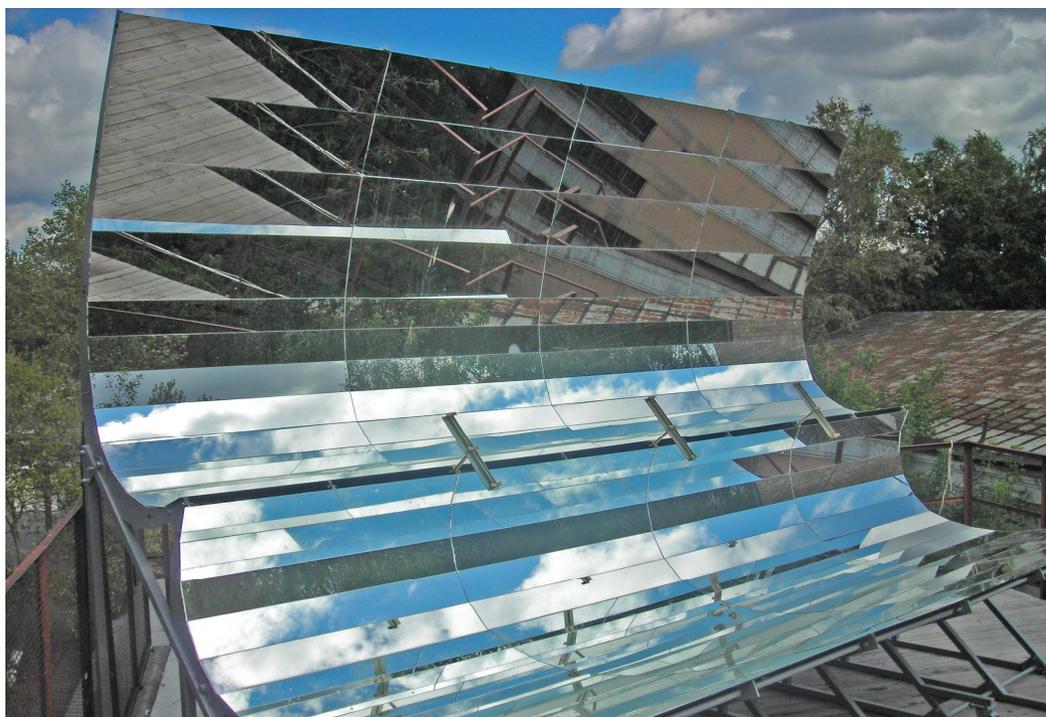
В ГНУ ВИЭСХ разработаны уникальные бесхлорные технологии получения солнечного кремния с низкими энергетическими затратами, на которые получено 8 патентов РФ и США. Другой подход заключается в снижении расхода кремния на один мегаватт мощности с 6-8 т в настоящее время в 50-1000 раз за счет использования новых типов концентраторов и матричных кремниевых солнечных элементов (МСЭ), разработанных в России.



## Солнечные концентраторы

В ГНУ ВИЭСХ разработаны и запатентованы солнечные концентраторы со слежением за Солнцем с концентрацией 10-1000 и без слежения за Солнцем – стационарные неследающие концентраторы с концентрацией 3-5. Оба типа концентраторов обеспечивают равномерное освещение солнечных фотоэлектрических модулей, что исключительно важно при эксплуатации СЭС с концентраторами. Неследающие концентраторы концентрируют не только прямую, но и большую часть диффузной (рассеянной) радиации в пределах апертурного угла, что увеличивает установленную мощность СЭС и производство электроэнергии.

## Стационарные концентраторы



Экспериментальный образец неследящего солнечного концентратора (800 Вт) на полигоне ГНУ ВИЭСХ.



## Матричные солнечные элементы третьего поколения

Созданные в ГНУ ВИЭСХ МСЭ третьего поколения из кремния имеют КПД 20% при 50-1000-кратной концентрации солнечного излучения. Преимуществом МСЭ является генерация высокого напряжения 15 В/см<sup>2</sup>.



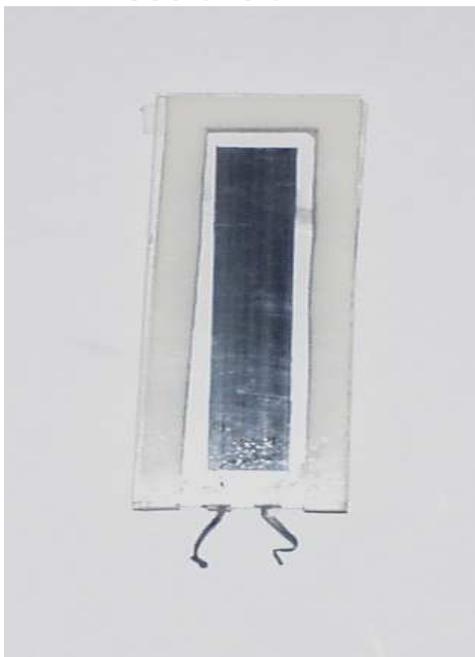
## **Новая технология матричных солнечных элементов**

МСЭ из кремния в сотни раз дешевле солнечных элементов на основе каскадных гетероструктур на единицу площади, технология МСЭ не требует применения серебра, многостадийной диффузии, фотолитографии, сеткографии, эпитаксии, текстурирования и других трудоемких операций, используемых на зарубежных заводах.

# Сравнение солнечных модулей с матричными и пленарными СЭ

60 Вт, 15 В, 4 А

$\kappa=500$   $s=6 \text{ см}^2$



Кремниевый модуль на основе матричных солнечных элементов в оболочке из стекла.

60 Вт, 15 В, 4 А

$\kappa=1$   $s=0,6 \text{ м}^2$



Кремниевый модуль с пленарными СЭ электрической мощностью 60 Вт.

**Снижение расхода кремния в 1000 раз**

## Солнечный фотоэлектрический модуль с увеличенным сроком службы с 20 до 40 лет



Может быть использован для комплектования отдельно стоящих фотоэлектрических станций, в качестве архитектурных элементов (крыши и фасады), а также в составе установок с концентрированными потоками солнечной энергии.



## Перспективы увеличения КПД МСЭ

В ближайшие годы КПД МСЭ из кремния будет увеличен до 25% при работе с концентратором. Однако уже сейчас использование новых технологий кремния, концентраторов и МСЭ позволяет создавать солнечные электростанции, конкурентоспособные с электростанциями, работающими на угле.



## Критерии конкурентоспособности солнечной энергосистемы

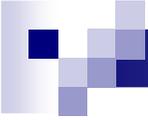
Для создания региональных и глобальной солнечной энергетической системы в России созданы новые технологии, обеспечивающие конкурентоспособность солнечной энергетики по следующим критериям:

- КПД солнечных электростанций должен быть не менее 25%.
- Срок службы солнечной электростанции должен составлять 50 лет.
- Стоимость установленного киловатта пиковой мощности солнечной электростанции не должна превышать 2000 долл.
- Объем производства солнечных электростанций должен быть 100 ГВт в год.
- Производство полупроводникового материала для СЭС должно превышать 1 млн. т в год при цене не более 25 долл./кг.
- Круглосуточное производство электрической энергии солнечной энергосистемой.
- Материалы и технологии производства солнечных элементов и модулей должны быть экологически чистыми и безопасными.



# Энергетическое пользование биомассы

Энергетические установки, использующие биомассу, отходы могут дать столько же энергии, сколько все атомные станции в России, и все нефтяные месторождения республики Коми. Получение и использование этого топлива, а также смесового и модифицированного топлива позволит пополнить энергобаланс сельских предприятий и регионов и в значительной мере снизить зависимость от централизованных закупок ископаемого топлива и электроэнергии.



## Сырье для биотоплива второго поколения

1. Целлюлозная биомасса энергетических плантаций
2. Рисовая шелуха
3. Отходы сахарного производства
4. Сельскохозяйственные и городские отходы
5. Отходы лесозаготовок и деревообработки

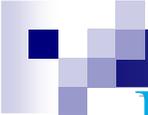


# Установка для получения котельного биотоплива из органических отходов

*разработки ГНУ ВИЭСХ*

Сырье: опилки, торф, навозные стоки свиноферм, ферм КРС и птицефабрик.

- |  |             |
|--|-------------|
| 1. Роторно-пульсационный аппарат производительностью<br>15 куб.м./час, энергопотребление 15 кВт.ч. | 1 шт.       |
| 2. Электронасосы производительностью<br>5 куб.м./час, энергопотребление 1,5 кВт.ч.                 | 3 шт.       |
| 3. Ультразвуковой проточный реактор<br>производительностью 15 куб.м./час                           | комплект    |
| 4. Технические емкости<br>(по требованию Заказчика)  | согласуется |
| 5. Системы гидравлики  | комплект    |



# Пиролизные энергетические установки

Используются для получения котельных топлив, пиролизного газа тепла и электроэнергии.

**Преимущества:** Нагрев до 700°C в отсутствии кислорода; продукты сгорания и зола, нетоксичны, нет сточных вод.

**Примеры:** • Пиролизный теплогенератор на биомассе с влажностью до 30% тепловой мощностью 1,5 МВт

Производитель: Псковский завод СЛ и Ко

*Источник: энергетика и промышленность России*

*сентябрь 2011г., №17, с.34.*

- Разработаны пиролизные печи на биомассе с продолжительностью работы на одной закладке дров 3-6 суток
- Пиролизные печи на пеллетах могут работать непрерывно в автоматическом режиме в течение 6 месяцев.



## Установка для получения газообразного и жидкого топлива методом быстрого пиролиза (ВИЭСХ)

- Жидкое топливо может использоваться в качестве печного топлива в котельных, а после модификации в качестве моторного топлива.
- Себестоимость жидкого топлива при цене сырья 20 долл./т составляет 200 долл./т. Затраты энергии на собственные нужды не превышают 15 % от энергии перерабатываемого сырья.



**Образец мини-ТЭС электрической мощностью в диапазоне 30-100 кВт с модулем пиролиза производительностью 1 тонна растительного сырья в сутки**



**Энергетические  
плантации Сорго в  
Ростовской области  
селекции чл-корр.  
РАСХН  
Б.Н. Малиновского  
(справа)  
Урожайность 80 т/Га,  
Выход биотоплива  
7 т/Га**



Новая физика электрических процессов, связанная с использованием не активного, а реактивного тока, позволит решить три главных проблемы современной электроэнергетики:

- создание сверхдальних линий передач с низкими потерями без использования технологии сверхпроводимости;
- увеличение пропускной способности линий;
- замена воздушных линий на кабельные однопроводниковые волноводные линии и снижение сечения токонесущей жилы кабеля в 20-50 раз.

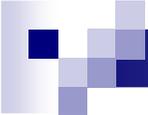


В экспериментальной резонансной однопроводниковой системе передачи электрической энергии, установленной в экспериментальном зале ВИЭСХ, мы передавали электрическую мощность 20 кВт при напряжении 6,8 кВ на расстояние 6 м по медному проводнику диаметром 80 мкм при комнатной температуре, при этом эффективная плотность тока в проводнике составила 600 А/мм<sup>2</sup>, а эффективная плотность мощности - 4 МВт/мм<sup>2</sup>.

# Резонансные волноводные ЛЭП

Для передачи электрической энергии от СЭС предлагается использовать резонансную однопроводниковую кабельную волноводную систему, разработанную в ГНУ ВИЭСХ на основе технологии Н.Тесла.

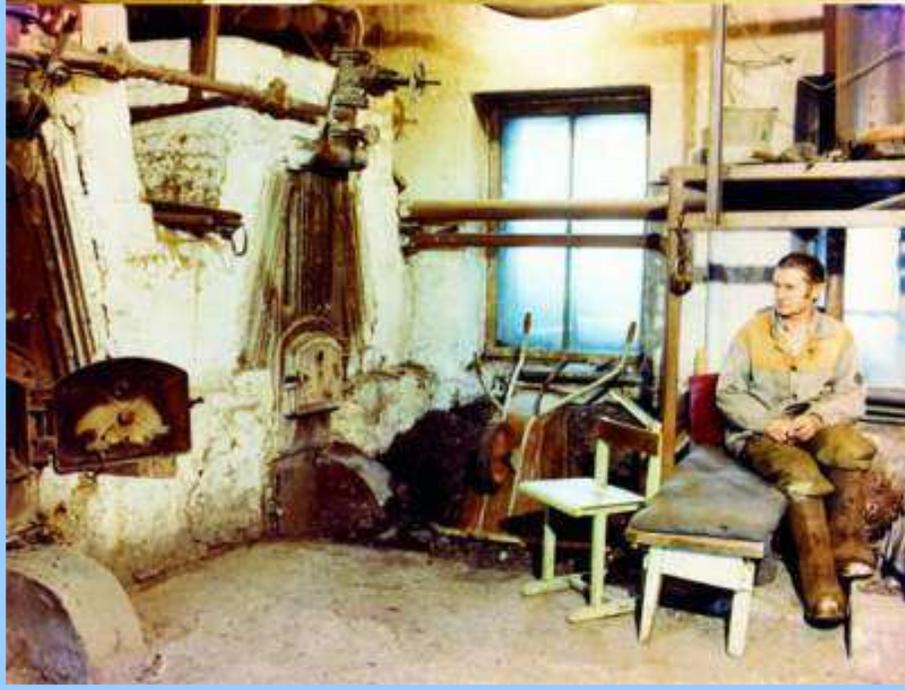




Н. Тесла ответил и на вопрос, который часто задают нам: почему электроэнергетика не восприняла его идеи? "Мой проект сдерживался законами природы. Мир не был готов к нему. Он слишком обогнал время. Но те же самые законы восторжествуют в конце и осуществят его с великим триумфом". *Н.Тесла, 1919 г.*

Солнечная электроэнергетика нуждается в поддержке государства для реализации пилотных и демонстрационных проектов и ждет нового Моргана, банкира, который 100 лет назад финансировал работы Н.Тесла.

# Энергетика – сегодня и вчера



# МГЭС Кызыл-Хая, Республика Тыва

Станция введена в эксплуатацию в 2001 г.



Три агрегата по 50 кВт



Станция построена за 15 месяцев



Здание выполнено из лиственницы с металлическим каркасом

# В результате в 2002 г. сдана в эксплуатацию МГЭС «Кайру» мощностью 400 кВт

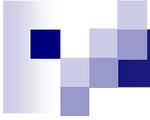


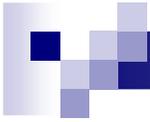
Для обеспечения  
автономной работы на  
станции установлено  
устройство балластной  
нагрузки с воздушным  
охлаждением

## «Центр энергоэффективных технологий»



- *Душевые установки.*





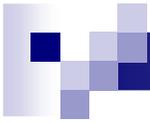
# СТРУКТУРА ГЕЛИОУСТАНОВОК КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ ПО ПОТРЕБИТЕЛЯМ



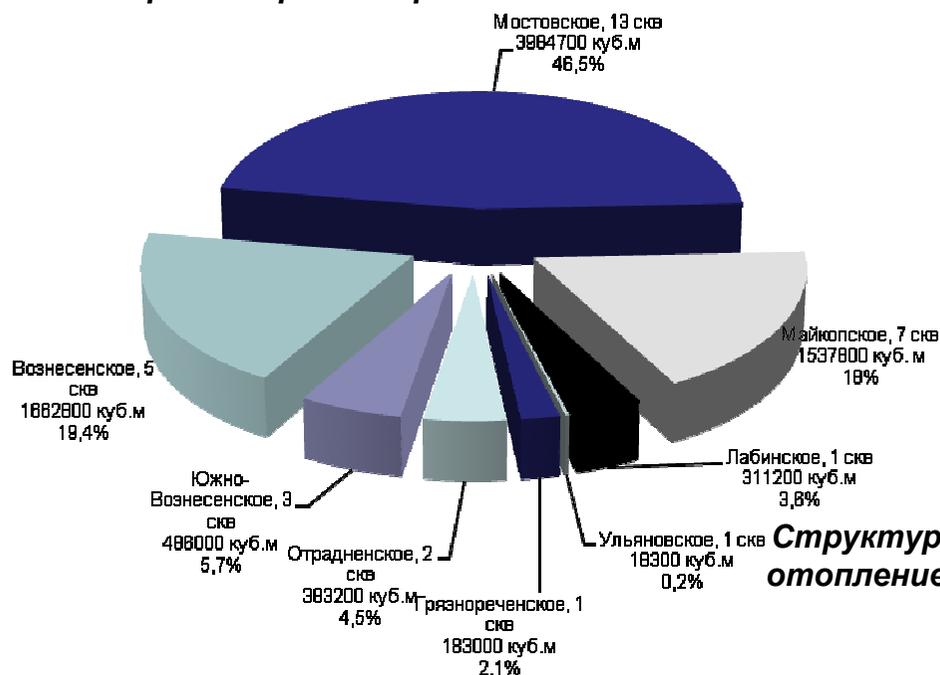
## Верхне-Мутновская ГеоЭС 12 МВт



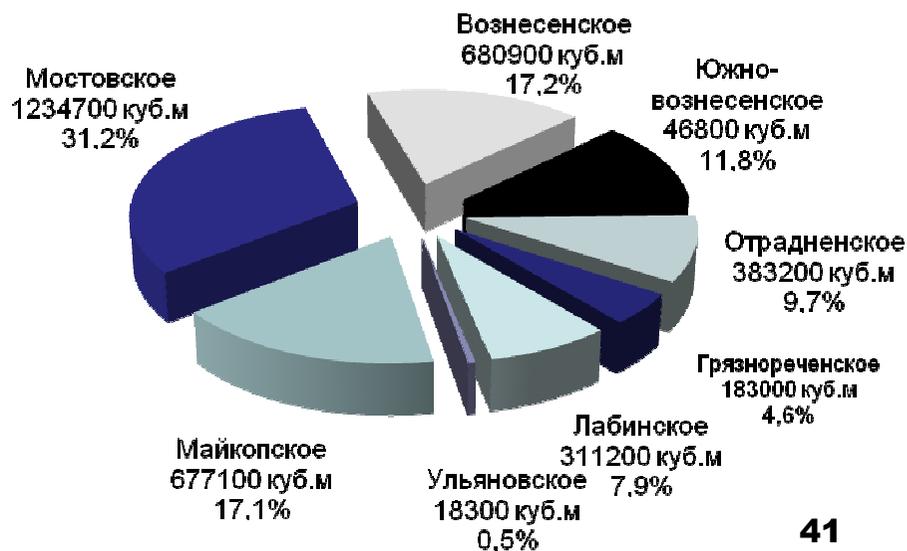
Первая Экологически чистая электростанция в мире



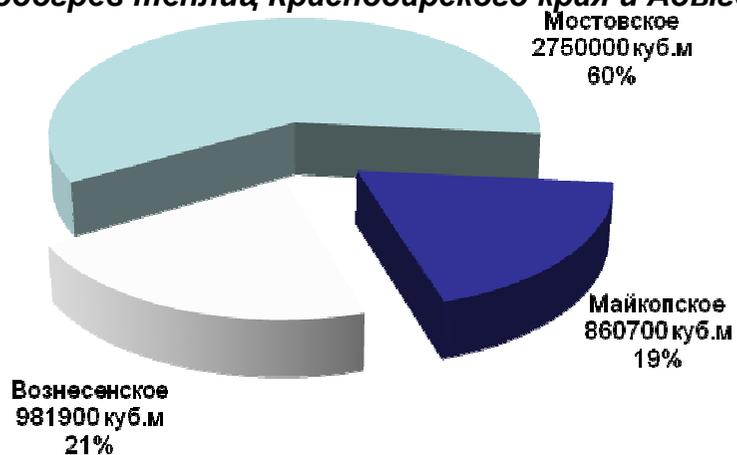
### Структура добычи геотермальной воды месторождений Краснодарского края и Адыгеи



### Структура потребления геотермальной воды на отопление и ГВС объектов Краснодарского края и Адыгеи



### Структура потребления геотермальной воды на обогрев теплиц Краснодарского края и Адыгеи



# Реализация пилотного проекта – создание условий для реализации масштабных программ развития ветроэнергетики

Дальневосточная ВЭС на  
о. Попова – пилотный  
проект (24 МВт)



*Тариф – 4,6 руб/кВтч*

Ветропарк  
«Нижняя Волга» (1 ГВт)



*Тариф 3,3 руб/кВтч*

**УСЛОВИЕ ДЛЯ  
РЕАЛИЗАЦИИ**  
–  
**Локализация  
производства  
ветроагрегатов и  
компонентов**

Совместно с Siemens и Ростехнологиями прорабатывается вопрос локализации ветроагрегатов на территории РФ

## Цель проекта

- ❖ Сокращение расходов на электроэнергию.
- ❖ Использование солнечной энергии для производства экологически чистой энергии.
- ❖ Снижение вредного воздействия на окружающую среду.

АЗС №14 сентябрь 2009г



## Основные параметры

Расположение - пгт. Красная Поляна, г.Сочи.  
Сдача в эксплуатацию – 17.09.2009г.  
Мощность ФЭС - 10 кВт.  
Производство электроэнергии - 10 000 кВтч/год.  
Сокращение выбросов CO<sub>2</sub> экв. – 5000 кг/год.

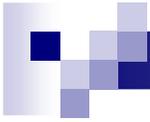
Мониторинг показывает, ФЭС работает надежно  
и производительность соответствует проектным показателям



## Роль государства

Для всех предложенных стратегических проектов необходима поддержка государства в следующих вопросах:

- Законодательное и нормативно-правовое обеспечение;
- Финансирование создания пилотных и демонстрационных образцов;
- Патентование в США, Европейском Союзе и Китае с целью воспрепятствования нелегального воспроизводства за рубежом;
- Строительство новых заводов и организация производства для выполнения оборонного заказа и экспорта;



## Общий вывод:

Динамично развивающаяся солнечная энергетика, основанная на инновационных российских и мировых технологиях, является альтернативой топливной энергетике и в 2050 г. будет доминировать на рынке энергетически чистых технологий, а к концу 21 века обеспечит 75-90% всех потребностей Земли в электрической энергии.



# Спасибо за внимание!

**П.П. Безруких,  
Институт энергетической стратегии,**

**Д.С. Стребков,  
Всероссийский научно – исследовательский институт  
электрификации сельского хозяйства**