

# Использование возобновляемых источников энергии

Географический факультет  
МГУ имени М.В. Ломоносова,  
К.ф.-м.н., в.н.с. НИЛ возобновляемых  
источников энергии Киселева С.В.  
[K\\_sophia\\_v@mail.ru](mailto:K_sophia_v@mail.ru)



**Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)** – источники энергии, образующиеся на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, а также жизненном цикле растительного и животного мира и жизнедеятельности человеческого общества

**Выделяют три глобальных источника энергии:**

- энергия Солнца;
- тепло Земли;
- энергия орбитального движения планет

**Примечание:** солнечное излучение по мощности превосходит остальные более чем в 1000 раз.

К ВИЭ обычно относят:

ВИЭ солнечного происхождения:

- Собственно энергия солнечной радиации
- Гидравлическая энергия рек
- Энергия ветра
- Энергия биомассы
- Энергия океана (разность температур воды, волны, разность соленостей морской и пресной воды)

К несолнечным ВИЭ относятся:

- геотермальная энергия,
- энергия приливов
- Кроме того, к ВИЭ относят различные отходы и источники низкопотенциального тепла в сочетании с тепловыми насосами



# Оценки мирового потенциала возобновляемых источников энергии

## World Potential Renewable Energy

### Wind Energy



### Biomasse



Million Tonnes of Oil Equivalent



### Hydroelectricity



### Solar Energy



# ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ РОССИИ

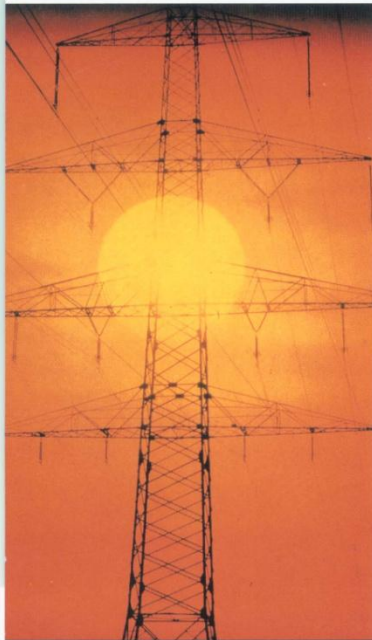


Истощаемые  
энергоресурсы:  
нефть, газ, уголь - 73%

ГЭС - 18%

АЭС - 9%

## ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ И АВТОНОМНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ



### ГИДРОЭНЕРГИЯ

Средний многолетний сток рек  
более 5 л/с с 1 кв.км

### СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

суммарный приход  
солнечной радиации  
более 1000 кВтч/кв.м в год

### ВЕТРОВАЯ ЭНЕРГИЯ

среднегодовые скорости ветра  
более 5 м/с

### ЭНЕРГИЯ БИОМАССЫ

избыточная лесобеспеченность  
куб.м на 1 человека

### ВОЛНОВАЯ ЭНЕРГИЯ

### ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ





**ВОПРОС:** Можно ли построить энергетику, удовлетворяющую современные нужды человечества, на возобновляемых источниках энергии? (**без природного газа, нефти, угля**)

Солнечная энергия,  
Энергия ветра,  
Биомасса,  
Мини и микро-ГЭС,  
Геотермальная энергия,  
Энергия океана

Солнечная энергия,  
Биомасса,  
Геотермальная энергия,  
Природное и сбросное тепло с помощью тепловых насосов

**Водород**, получаемый электролизом из **воды** с использованием различных ВИЭ и из **биомассы** (термохимическая переработка)  
**Биотопливо** из биомассы

**ОТВЕТ:** Принципиально, **ДА!** Но есть много но...!

## **ФАКТОРЫ В ПОЛЬЗУ ВИЭ:**

- ✓ Огромные ресурсы всех видов ВИЭ, во много раз превышающие обозримые потребности человечества
- ✓ Доступность в любой точке земного шара того или иного ВИЭ или их комбинации
- ✓ Экологическая чистота
- ✓ Доказанная, по крайней мере на демонстрационном уровне, жизнеспособность технологий, а в ряде случаев высокая конкурентоспособность
- ✓ Возможность построения на основе ВИЭ как централизованных, так и децентрализованных (автономных) систем энергоснабжения

## **ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ШИРОКОЙ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ВИЭ**

(временные и связанные в основном с необходимостью конкурировать с традиционными энергетическими технологиями, базирующимися на пока еще относительно дешевых ископаемых топливах):

- ✓ Высокая стоимость производства энергоносителей (*электричество, тепло, моторное топливо*), несмотря на исходную «дармовую» энергию
- ✓ Неотработанность некоторых технологий в связи с недостаточным финансированием НИОКР

**Вывод: использование ВИЭ в энергетическом балансе стран определяется конкуренцией достоинств и недостатков.**

- Для развивающихся стран ВИЭ имеют социальную значимость



## ПОЧЕМУ ЭНЕРГИЯ, ПРОИЗВОДИМАЯ УСТАНОВКАМИ НА ВИЭ, ОКАЗЫВАЕТСЯ В БОЛЬШИНСТВЕ СЛУЧАЕВ ДОРОГОЙ?

Основная фундаментальная физическая причина – **низкая плотность потоков энергии и их нерегулярность** (суточная, сезонная, погодная и др.)

### ПЛОТНОСТИ ПОТОКОВ НЕКОТОРЫХ ВИЭ

#### Солнечное излучение:

ясный полдень – **1000 Вт/м<sup>2</sup>**

в среднем за год – **150–250 Вт/м<sup>2</sup>**

#### Ветровой поток:

при  $v=10$  м/с – **500 Вт/м<sup>2</sup>**

при  $v=5$  м/с – **60 Вт/м<sup>2</sup>**

$$\underline{N} \sim v^3$$

#### Водный поток:

при  $v=1$  м/с – **500 Вт/м<sup>2</sup>**

В традиционных энергоустановках плотность энергетических потоков достигает сотен кВт или даже нескольких МВт/м<sup>2</sup>

**Результат:** потребность в больших поверхностях для сбора энергии и необходимость использования больших аккумуляторов энергии, что обуславливает рост стоимости

# Некоторые данные о масштабах ***NREL US-2009***

## Global Renewable Energy Development: Summary

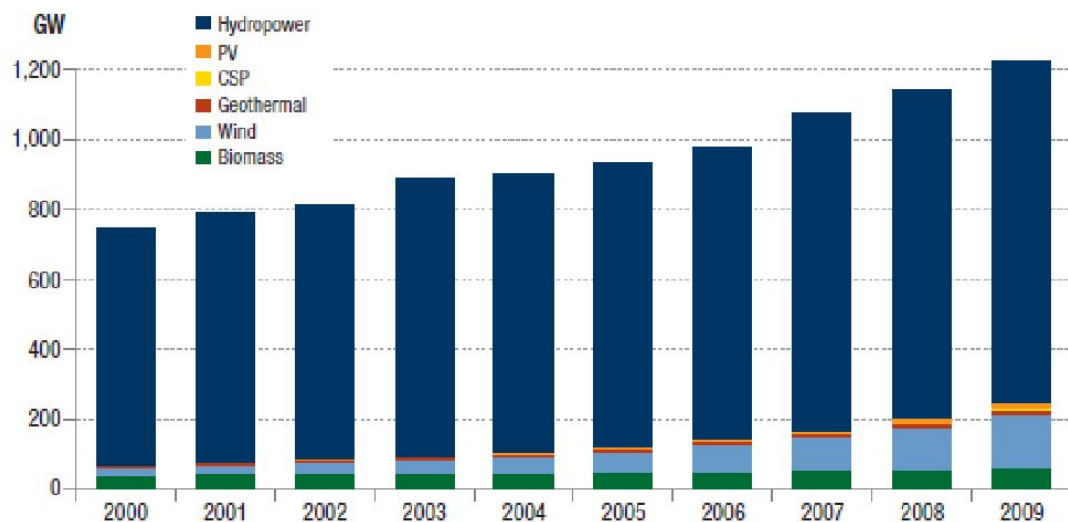
- Global renewable electricity installations (excluding hydropower) have **more than tripled** from 2000–2009.
- Including hydropower, renewable energy accounts for **21%** of all global electricity generation; without hydropower, renewable energy accounts for **3.8%** of global generation.
- Wind and solar energy are the fastest growing renewable energy technologies worldwide. Wind and solar PV generation **grew by a factor of more than 14** between 2000 and 2009.
- In 2009, Germany led the world in cumulative solar PV installed capacity. The United States leads the world in wind, geothermal, biomass, and CSP installed capacity.

Некоторые

данные

о масштабах

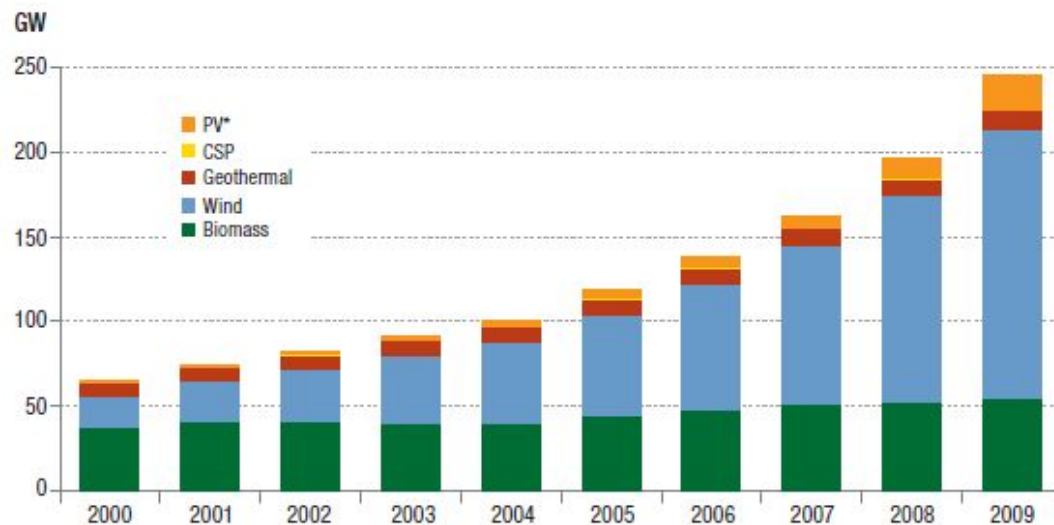
***NREL US-2009***



Renewable Electricity Generating Capacity Worldwide (excluding hydropower)

Sources: REN21, GWEC, GEA, SEIA, EIA

44



## World Renewable Cumulative Electricity Capacity Percent Increase from the Previous Year

|      | Hydro | Solar PV | CSP | Wind | Geothermal | Biomass | Renewables without Hydro | All Renewables |
|------|-------|----------|-----|------|------------|---------|--------------------------|----------------|
| 2000 | 0%    | 22%      | 0%  | 31%  | 0%         | 6%      | 11%                      | 1%             |
| 2001 | 5%    | 29%      | 0%  | 33%  | 0%         | 8%      | 15%                      | 6%             |
| 2002 | 2%    | 33%      | 0%  | 29%  | 2%         | 0%      | 11%                      | 3%             |
| 2003 | 9%    | 25%      | 0%  | 29%  | 9%         | -3%     | 11%                      | 9%             |
| 2004 | 1%    | 33%      | 0%  | 20%  | 0%         | 0%      | 10%                      | 1%             |
| 2005 | 2%    | 38%      | 0%  | 23%  | 4%         | 13%     | 18%                      | 4%             |
| 2006 | 2%    | 32%      | 0%  | 25%  | 3%         | 7%      | 17%                      | 4%             |
| 2007 | 9%    | 5%       | 5%  | 27%  | 0%         | 6%      | 17%                      | 10%            |
| 2008 | 4%    | 71%      | 14% | 29%  | 4%         | 4%      | 22%                      | 6%             |
| 2009 | 4%    | 62%      | 22% | 31%  | 7%         | 4%      | 25%                      | 7%             |

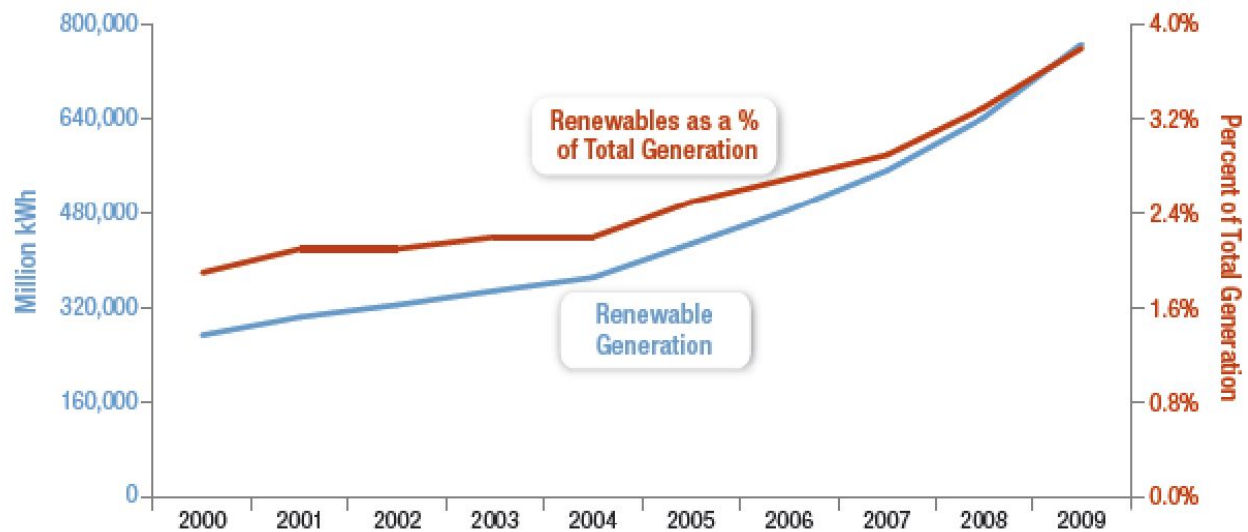
## Некоторые данные о масштабах *NREL US-2009*

### Renewables as a Percent of Total Installed Nameplate Capacity Worldwide

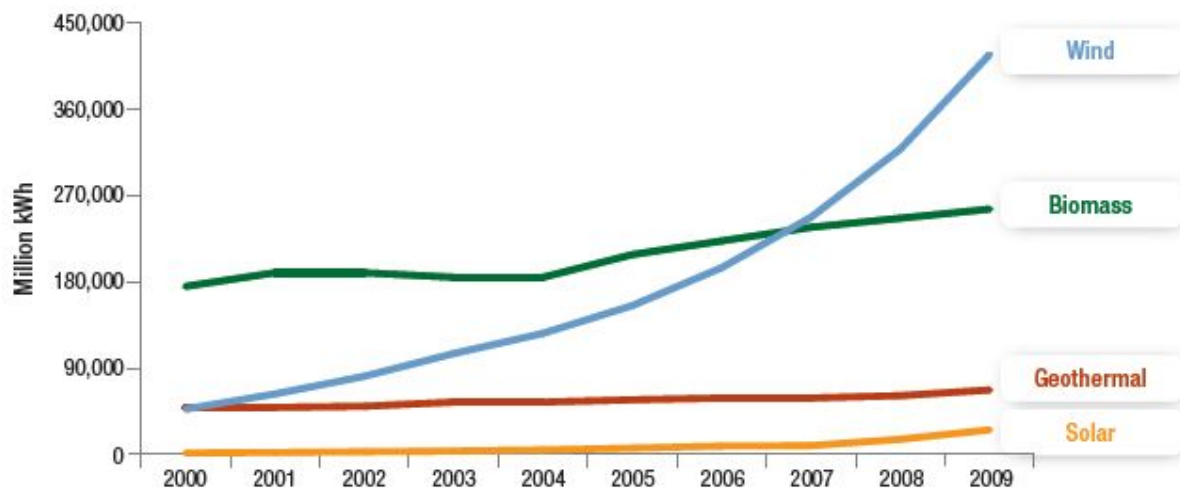
|      | Hydro | Solar PV | CSP  | Wind | Geothermal | Biomass | All Renewables | Renewables without Hydropower | Renewable Capacity without Hydropower (GW) |
|------|-------|----------|------|------|------------|---------|----------------|-------------------------------|--|
| 2000 | 19.8% | 0.0%     | 0.0% | 0.5% | 0.2%       | 1.1%    | 21.7%          | 1.9%                          | 65   |
| 2001 | 20.1% | 0.1%     | 0.0% | 0.7% | 0.2%       | 1.1%    | 22.2%          | 2.1%                          | 74   |
| 2002 | 19.8% | 0.1%     | 0.0% | 0.9% | 0.2%       | 1.1%    | 22.0%          | 2.2%                          | 82   |
| 2003 | 20.8% | 0.1%     | 0.0% | 1.1% | 0.2%       | 1.0%    | 23.2%          | 2.4%                          | 91   |
| 2004 | 20.2% | 0.1%     | 0.0% | 1.2% | 0.2%       | 1.0%    | 22.8%          | 2.5%                          | 100  |
| 2005 | 19.9% | 0.1%     | 0.0% | 1.4% | 0.2%       | 1.1%    | 22.8%          | 2.9%                          | 118  |
| 2006 | 19.6% | 0.2%     | 0.0% | 1.7% | 0.2%       | 1.1%    | 22.8%          | 3.2%                          | 138  |
| 2007 | 20.6% | 0.2%     | 0.0% | 2.1% | 0.2%       | 1.1%    | 24.2%          | 3.7%                          | 162  |
| 2008 | 20.6% | 0.3%     | 0.0% | 2.6% | 0.2%       | 1.1%    | 24.9%          | 4.3%                          | 197  |
| 2009 | 20.6% | 0.4%     | 0.0% | 3.3% | 0.2%       | 1.1%    | 25.7%          | 5.1%                          | 245  |



# Renewable Electricity Generation Worldwide (excluding hydropower)



## Renewable Electricity Generation Worldwide by Technology (2000–2009)



# Top Countries with Installed Renewable Electricity



# Top Countries with Installed Renewable Electricity by Technology (2009)



| Geothermal |             |
|------------|-------------|
| 1          | U.S.        |
| 2          | Philippines |
| 3          | Indonesia   |
| 4          | Mexico      |
| 5          | Italy       |

| Wind |         |
|------|---------|
| 1    | U.S.    |
| 2    | China   |
| 3    | Germany |
| 4    | Spain   |
| 5    | India   |

| Solar PV |         |
|----------|---------|
| 1        | Germany |
| 2        | Spain   |
| 3        | Japan   |
| 4        | U.S.    |
| 5        | Italy   |

| CSP |       |
|-----|-------|
| 1   | U.S.  |
| 2   | Spain |

| Biomass |         |
|---------|---------|
| 1       | U.S.    |
| 2       | Brazil  |
| 3       | Germany |
| 4       | China   |
| 5       | Sweden  |

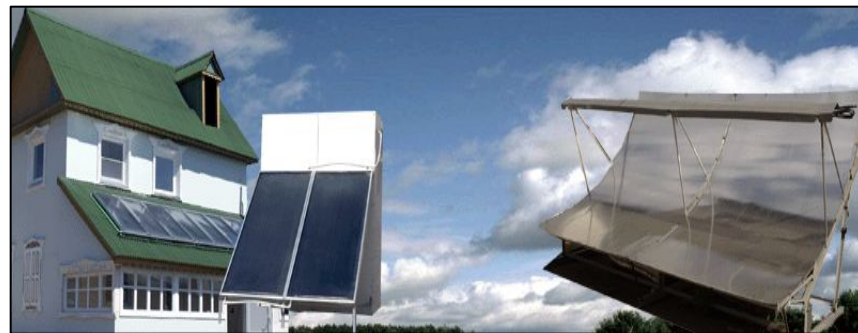
- 1) Экологические аспекты использования различных видов ВИЭ
- 2) Региональные особенности развития ВЭ



# I. Солнечная энергия

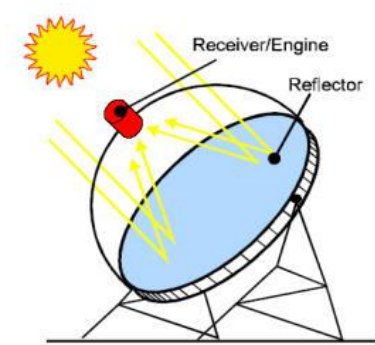
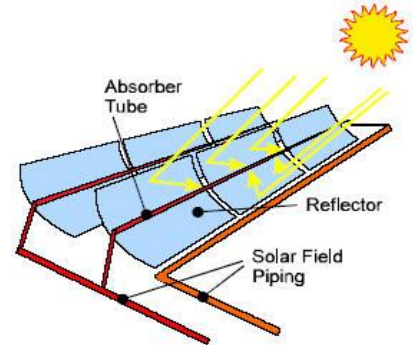
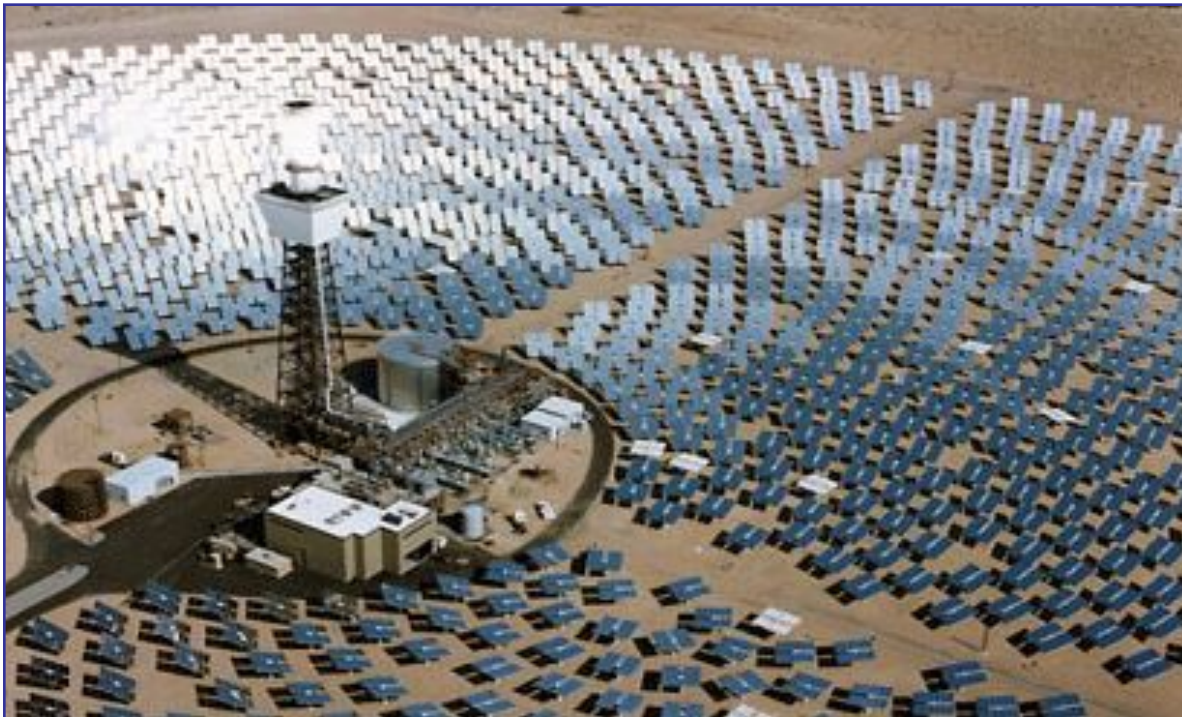
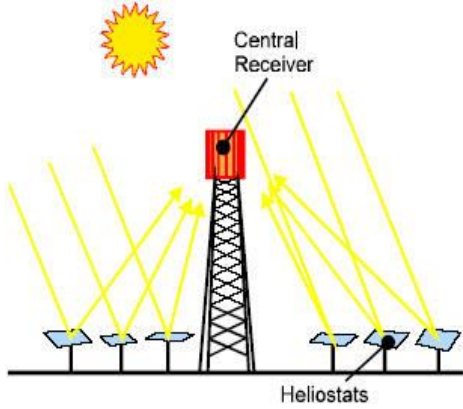
для

- нагрева воды
- обогрева зданий
- сушки с/х продукции





# Солнечные электростанции



# Экологическое воздействие объектов солнечной энергетики - солнечные электростанции (СЭС)

| Преимущества  | Недостатки   |
|---|--|
| Получение на выходе тепловых коллекторов <b>электрической энергии</b> , удобной для транспортировки                         | Солнечные концентраторы вызывают <b>большие по площади затенения земель</b> , что приводит к сильным изменениям почвенных условий, растительности и т.д.   |
| Возможность получения высоких температур не только для нужд энергоснабжения, но и для получения <b>особо чистых сплавов</b> | Возникает нагрев воздуха при прохождении через него солнечного излучения, сконцентрированного зеркальными отражателями; это приводит к <b>изменению теплового баланса, влажности, направления ветра</b> , в некоторых случаях возможны перегрев и возгорание систем использующих концентраторы |
| Использование солнечного излучения как экологически чистого и <b>неисчерпаемого источника</b> .                             | Применение <b>низкокипящих жидкостей</b> при неизбежной их утечке может привести к значительному загрязнению поверхностных и грунтовых вод. Особую опасность представляют жидкости, содержащие хроматы и нитраты, являющиеся <b>высокотоксичными</b> .   |
| <b>Отсутствуют газовые выбросы</b> при работе СЭС, <b>экономия</b> традиционных видов топлива                               | Низкий коэффициент преобразования солнечной энергии в электрическую поднимает серьезные проблемы, связанные с охлаждением конденсата; при этом <b>тепловой сброс в биосферу</b> более чем вдвое превышает сброс от традиционных станций, работающих на горючих ископаемых.                     |



### 3) Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии

Фотоэлектрические установки представляют собой параллельно или последовательно соединённые полупроводниковые элементы (фотоэлементы), в которых под влиянием солнечного излучения возникает фотоэлектрический эффект.



otion Programm for PV\* — TNC Consulting AG, CH-8707 Männedorf

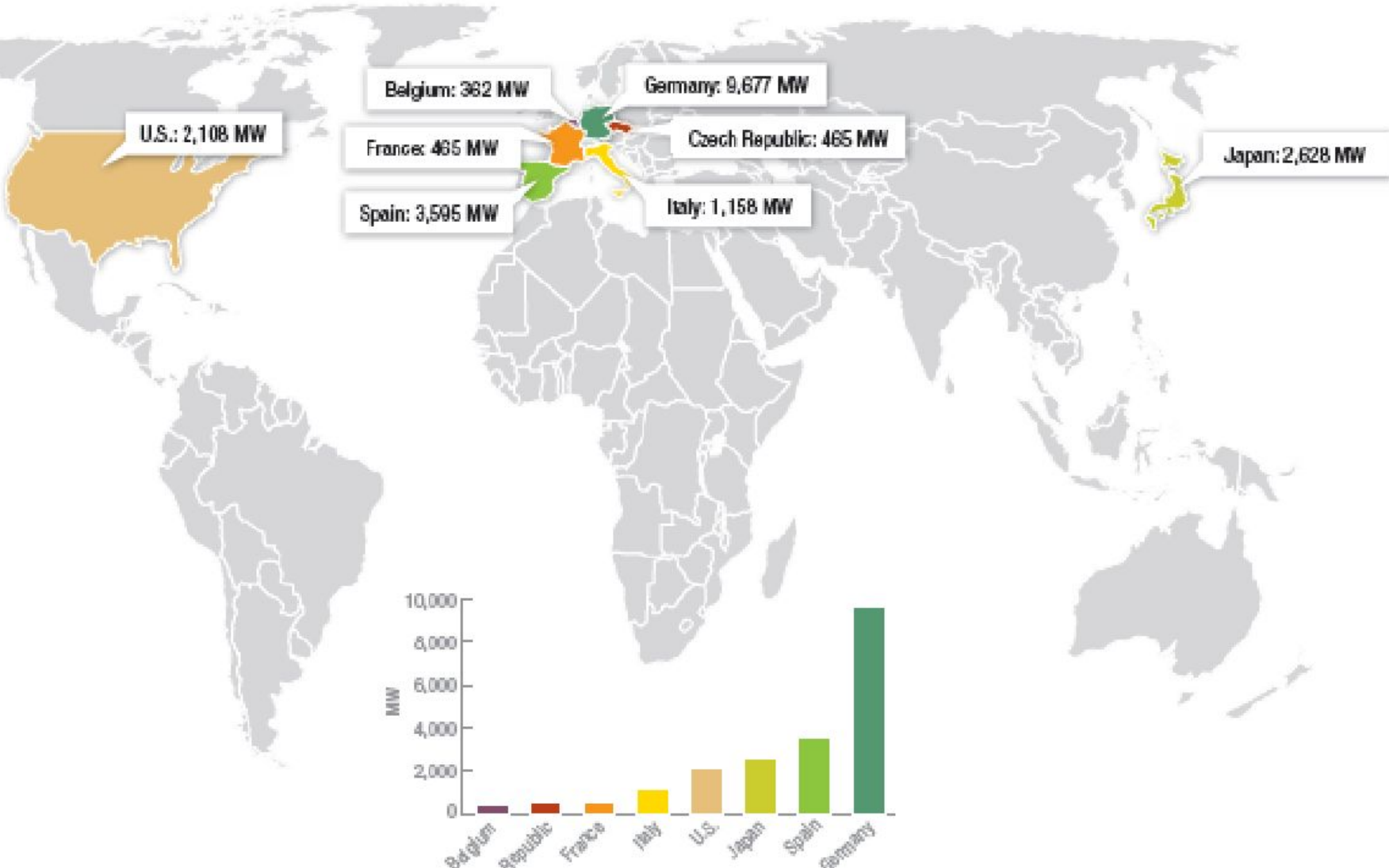




# Экологическое воздействие объектов солнечной энергетики – (фотоэлектрические преобразователи (ФЭП))

| <b>Преимущества</b>   | <b>Недостатки</b>   |
|---|---|
| простота в изготовлении и обслуживании;   | —относительно высокая стоимость модульных установок;  |
| долговечность;<br>экологическая чистота в процессе эксплуатации.                      | —низкий КПД промышленных модулей.   |
| возможность применения в городских условиях (не требует больших площадей и бесшумны); | —выбросы при производстве кремниевой пыли, кадмиевых и арсенидных соединений, опасных для здоровья людей; |

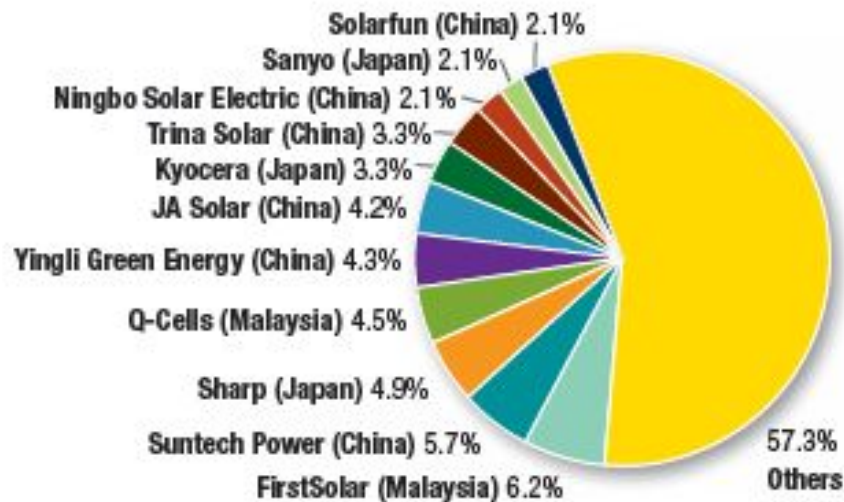
# Solar Energy Installed Capacity (2009) – Select Countries



# Photovoltaic Manufacturing

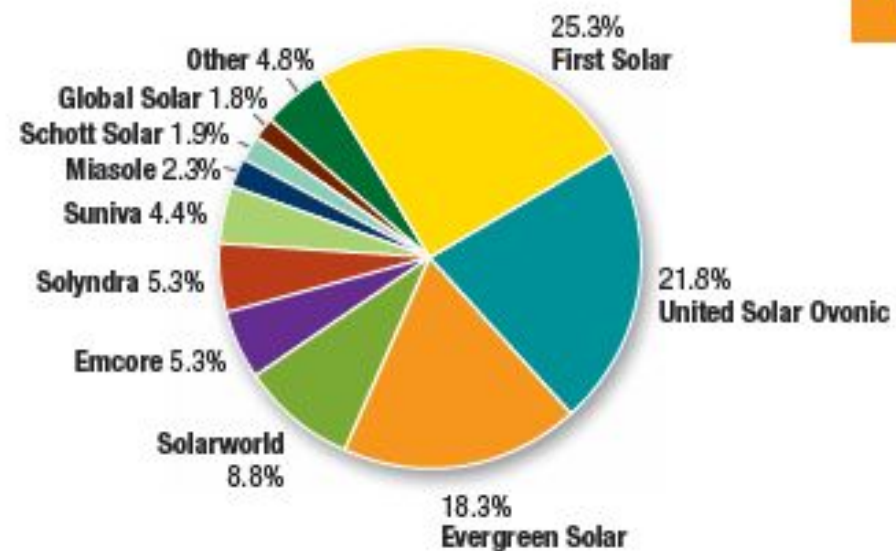
## Global Solar PV Production 2009:

12,258 MW cell production  
19,631.9 MW production capacity



## U.S. Cell Production 2009:

566 MW cell production  
1,871.5 MW production capacity



# II. Использование ветровой энергии





## Экологическое воздействие ВЭС

- Крупномасштабное строительство ВЭС в Европе на рубеже третьего тысячелетия привлекло внимание многих экологических служб и общественности с целью выявления тех отрицательных факторов, которые связаны с работой крупных ВЭУ.
- Основные формы воздействия ветроэнергетики на окружающую среду сводятся к следующему:
  1. **воздействие на животный и растительный мир;**
  2. **помехи теле- , радиосвязи;**
  3. **изменение природного ландшафта;**
  4. **отчуждения земель.**
- В настоящее время экологические исследования ВЭС продолжаются в части более глубокого изучения влияния на окружающую среду, особенно в связи с планами освоения прибрежных акваторий. Однако можно считать доказанным, **что экологические проблемы ветроэнергетики в своем комплексе не могут служить препятствием для развития этой отрасли**, которая уже в настоящее время вносит значительный вклад по отдельным странам в замещение ископаемых видов топлив. А с учетом того, что общий годовой потенциал ветровой энергии Земли оценивается в огромную цифру – 17,1 тыс. ТВт.ч и значительно превышает энергетические потребности человечества, можно говорить о неограниченных возможностях использования энергии ветра в обозримом будущем.

# Экологические аспекты ветроэнергетики

## Жизненный цикл ветроэлектростанции

- 1) Производство энергетического оборудования
- 2) Строительство электростанции
- 3) Эксплуатация
- 4) Утилизация

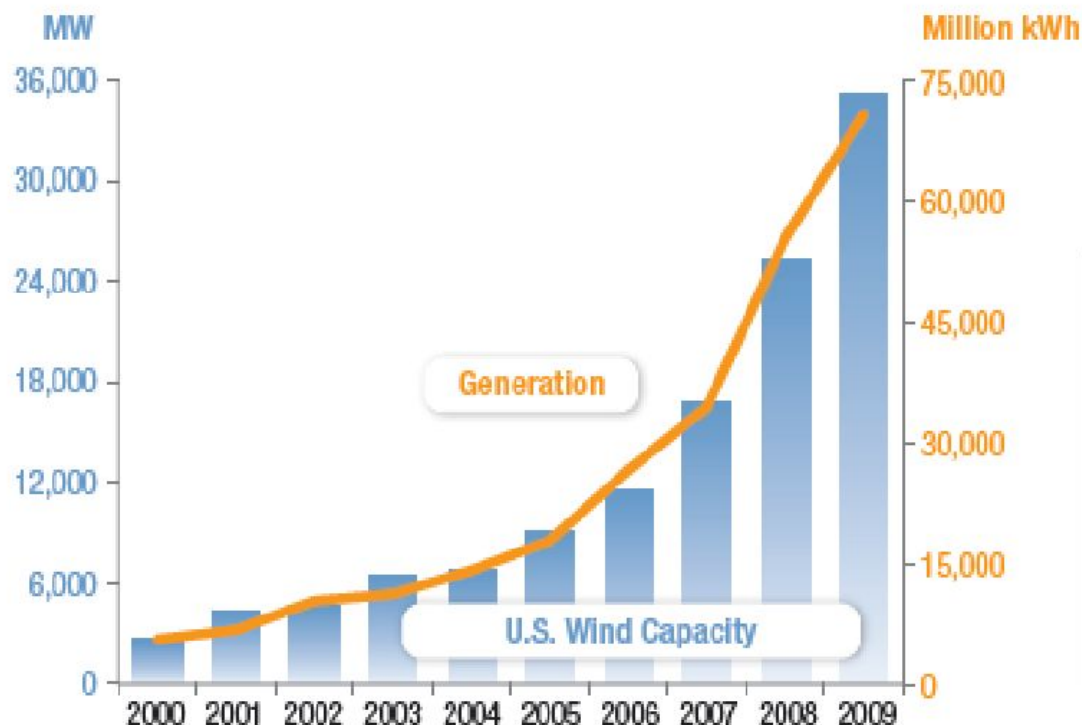
Ссылка: Ермоленко Б.В., Ермоленко Г.В, Рыженков М.А.

**Экологические аспекты ветроэнергетики**// Теплоэнергетика,  
№ 11, 2011

Негативный внешний эффект (евроцент/кВтч)

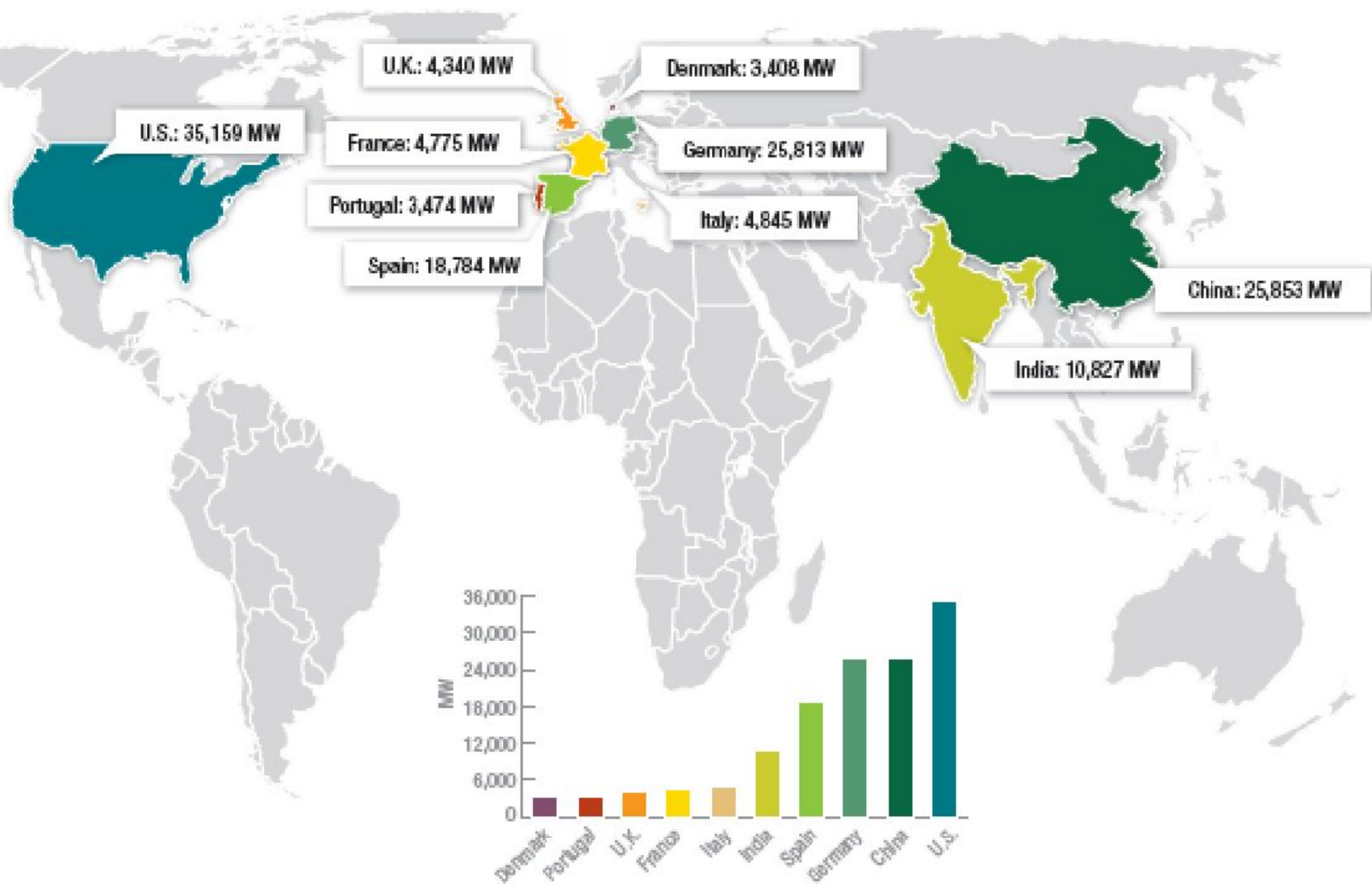
| Источник энергии | Эффект      |
|------------------|-------------|
| <b>ВЭС</b>       | <b>0,15</b> |
| Природный газ    | 1,1         |
| Угольная ЭС      | 2,55        |

# U.S. Total Installed Wind Energy Nameplate Capacity and Generation



|      | U.S. Wind Energy Generation (Million kWh) | U.S. Wind Energy Capacity and Percent Increase from Previous Year |            |
|------|---|---|------------|
|      |   | Total (MW)  | % Increase |
| 2000 | 5,503                                     | 2,578   | 2.6%       |
| 2001 | 6,737                                     | 4,275   | 65.8%      |
| 2002 | 10,354                                    | 4,686   | 9.6%       |
| 2003 | 11,187                                    | 6,353   | 35.6%      |
| 2004 | 14,144                                    | 6,725   | 5.9%       |
| 2005 | 17,811                                    | 9,121   | 35.6%      |
| 2006 | 26,589                                    | 11,575  | 26.9%      |
| 2007 | 34,450                                    | 16,812  | 45.2%      |
| 2008 | 55,363                                    | 25,237  | 50.1%      |
| 2009 | 70,761                                    | 35,159  | 39.3%      |

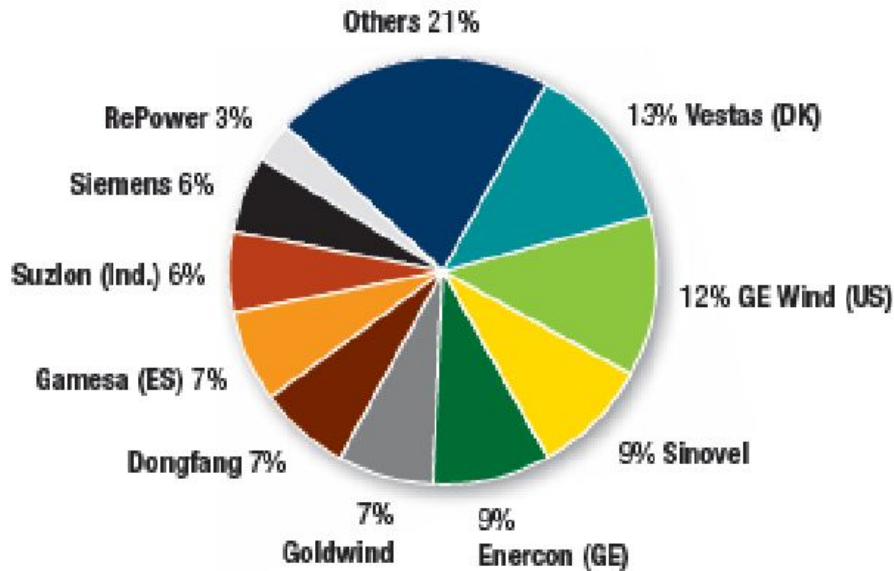
# Wind Energy Capacity (2009) – Select Countries



# Turbine Manufacturing

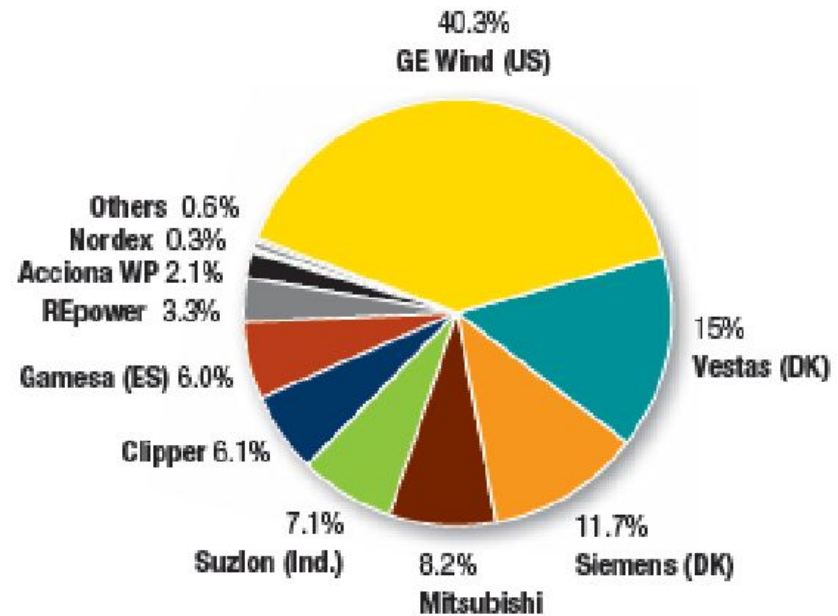
## Global Wind Turbine Market Share 2009

Total Turbine Installations: 38 GW



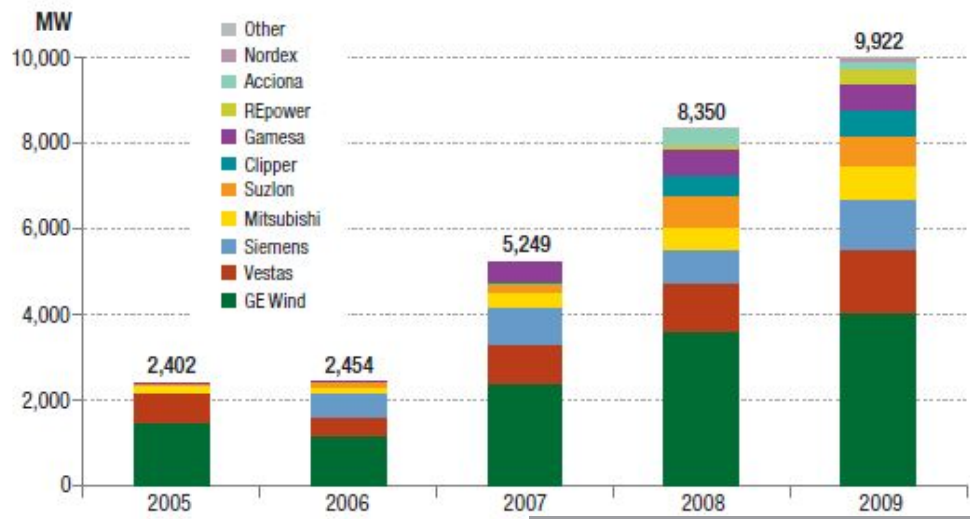
## U.S. Wind Turbine Market Share 2009

Total Turbine Installations: 9,922 MW

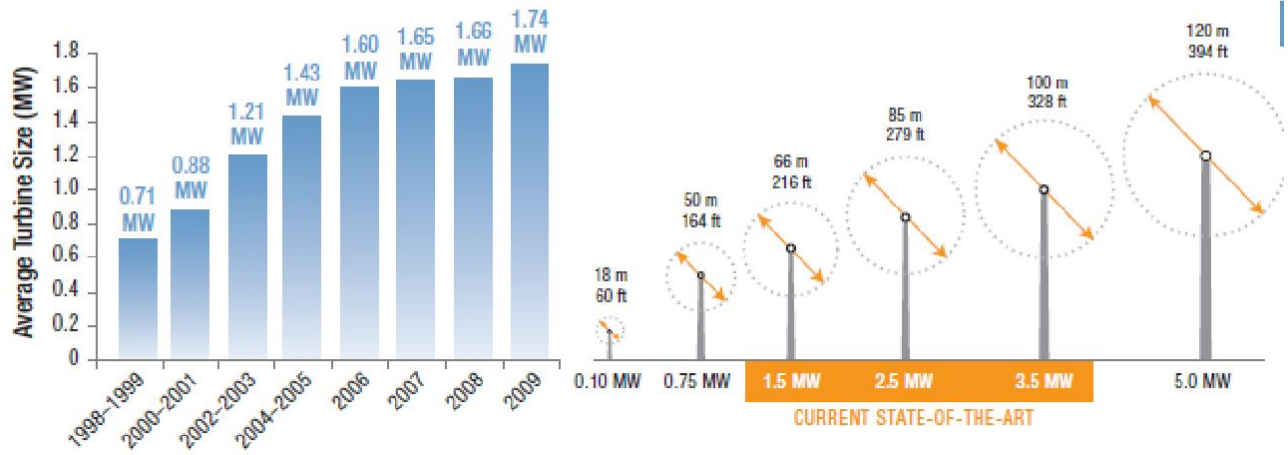




# Annual U.S. Wind Turbine Installations, by Manufacturer (MW)



## Average Installed Turbine Size



# III. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА ЗЕМЛИ (ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ)

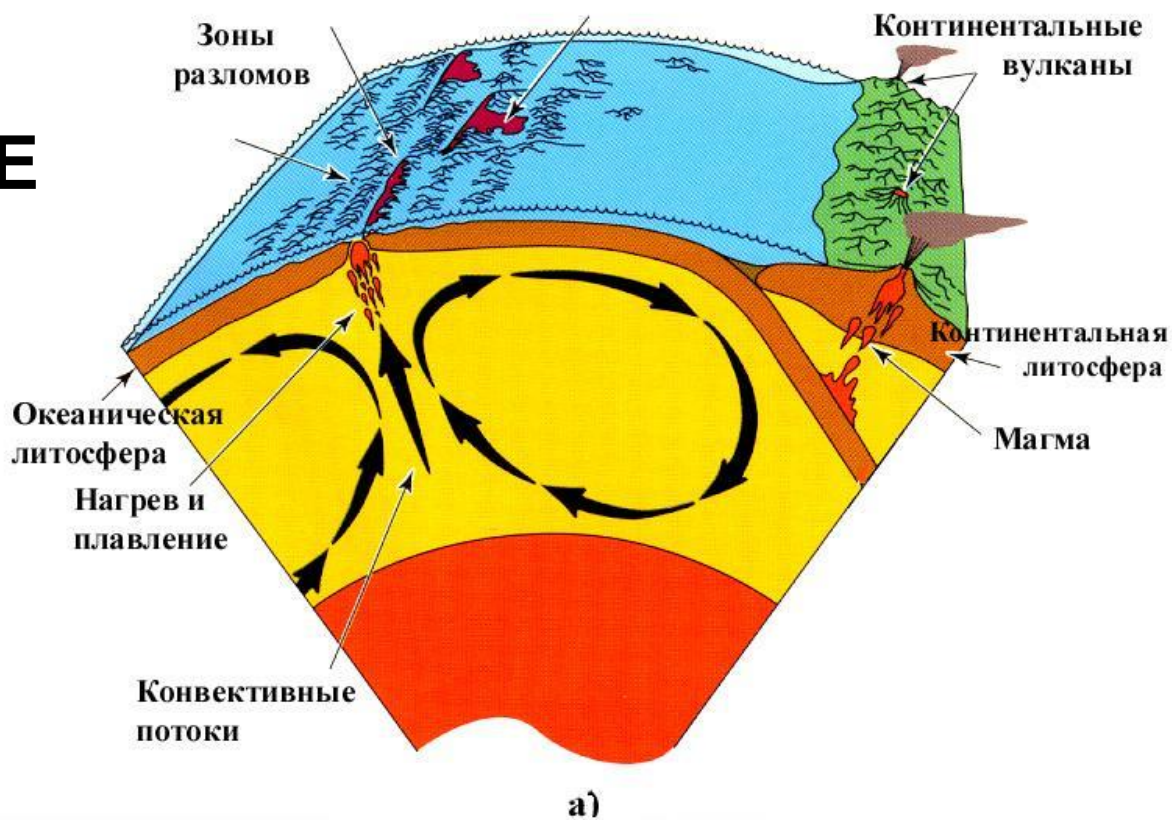
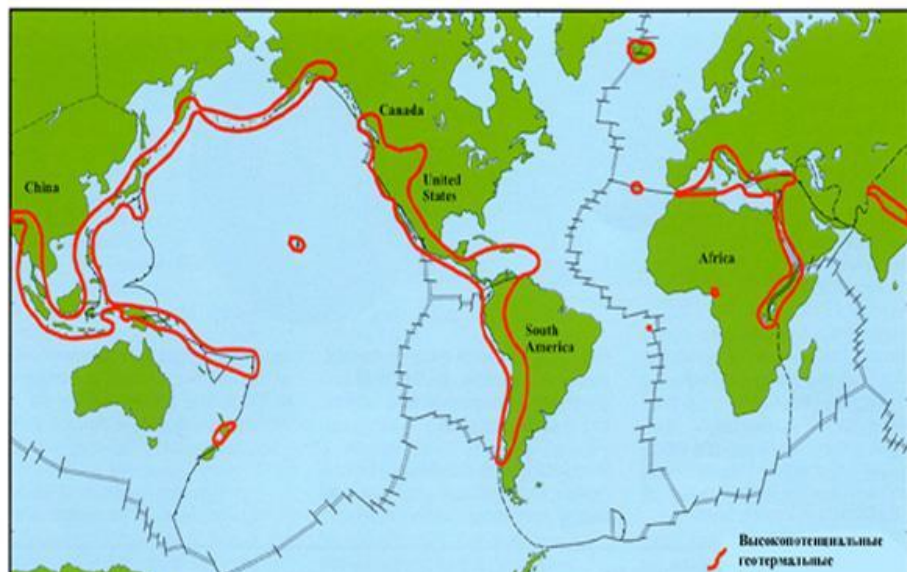


Рис.1. Тепловые потоки  
Земли (а) и расположение  
мировых  
высокопотенциальных  
геотермальных ресурсов (б).

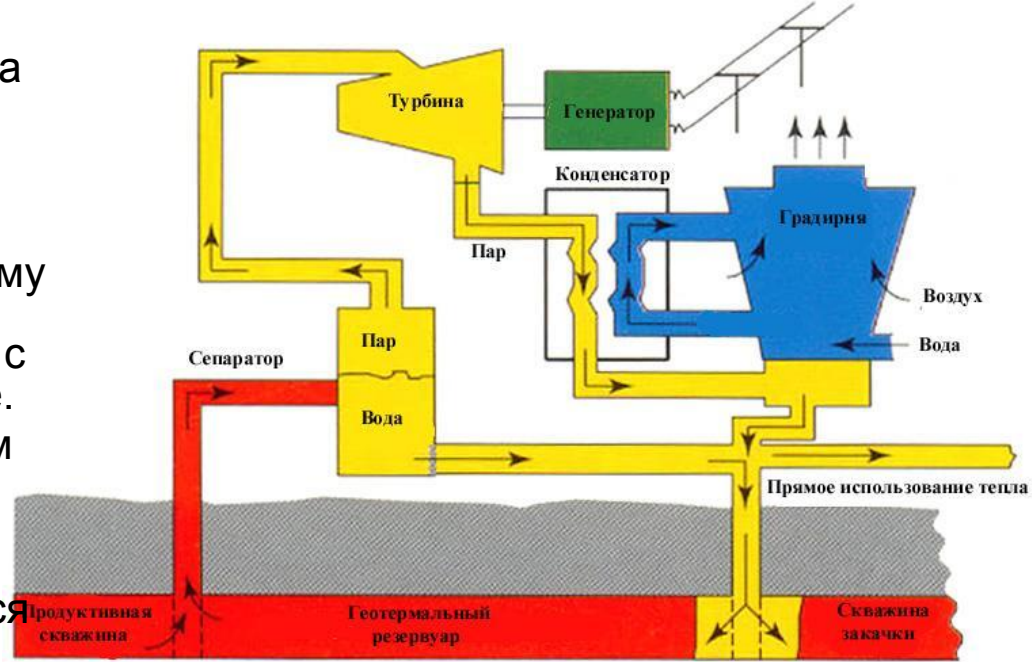


- В России впервые в 1967 году было запатентовано изобретение и реализована на опытно-промышленной Паратунской ГеоЭС (Камчатка) с бинарным циклом технология получения электрической энергии на основе использования геотермальной горячей воды. К настоящему времени более 500 подобных геотермальных энергетических установок с бинарным циклом работают во всем мире.

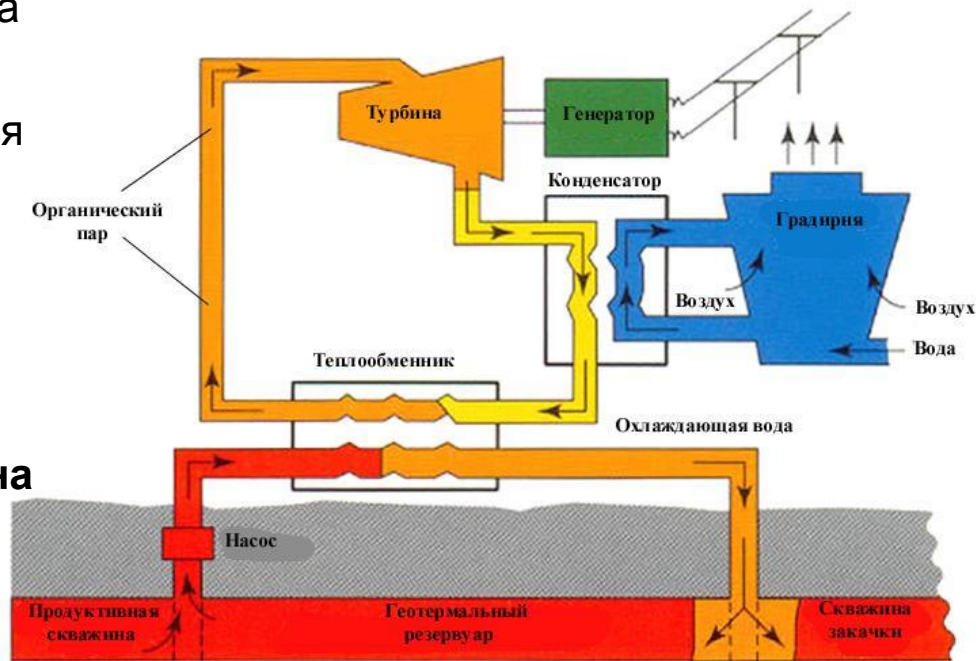
- Двухконтурные ГеоЭС с бинарным циклом позволяют реализовать технологию получения электроэнергии из горячей геотермальной воды. Геотермальный теплоноситель в таких ГеоЭС используется для подогрева и испарения в теплообменнике рабочего низкокипящего тела (например, изопентан) второго контура (см. рис. 2,б), которое в парообразном состоянии совершает работу в бинарной турбине. Затем происходит его конденсация в конденсаторе и весь рабочий цикл повторяется вновь.

- Для обеспечения конденсации пара в конденсаторе применяются различные системы охлаждения, в том числе воздушные градирни (см. рис. 2, а,б).

- **Рис. 2** Принципиальные схемы технологий выработки электроэнергии на традиционных ГеоЭС (а) и на ГеоЭС с бинарным циклом (б).



а)



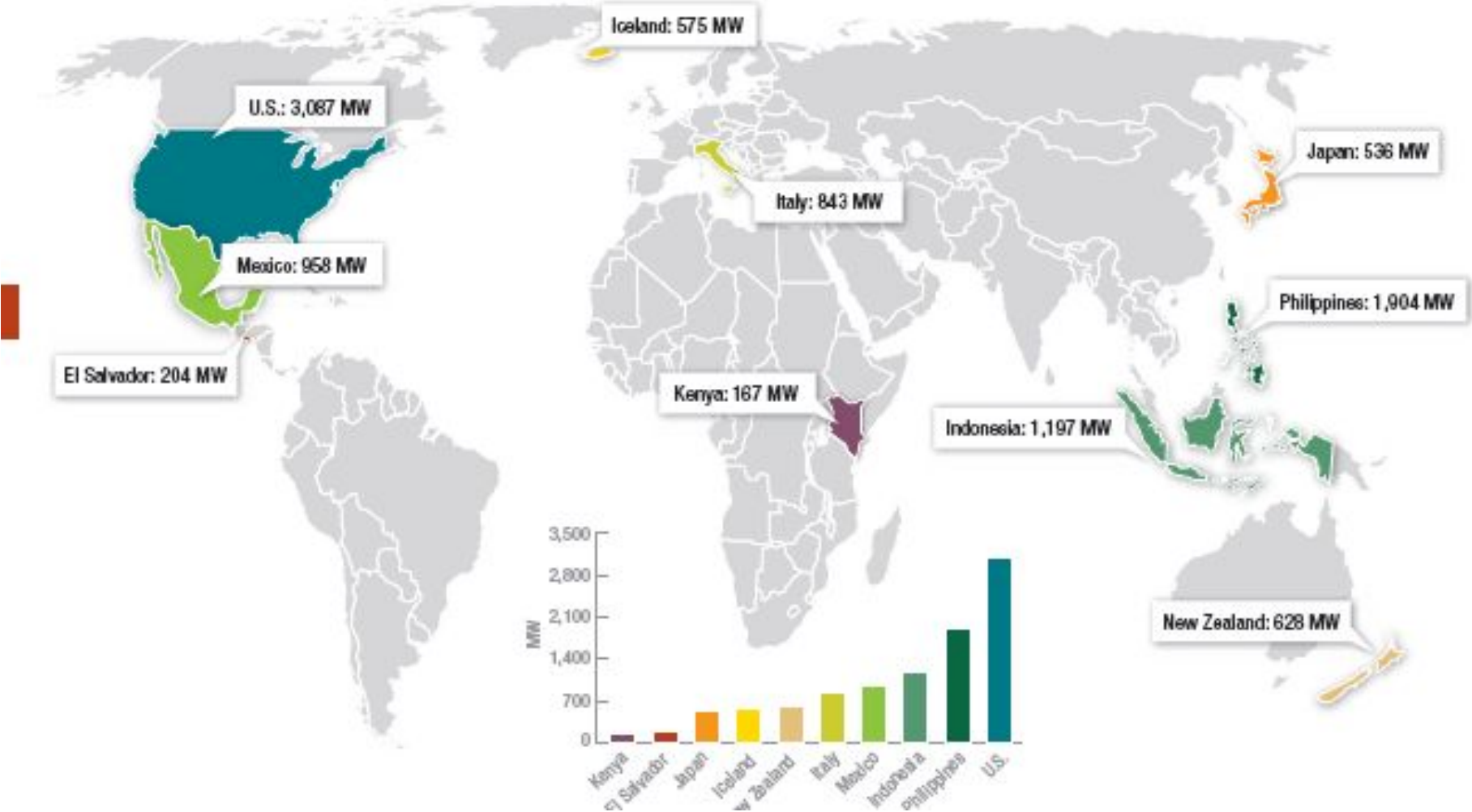
б)



# Geothermal Power Stations of Kamchatka and Kuril Islands

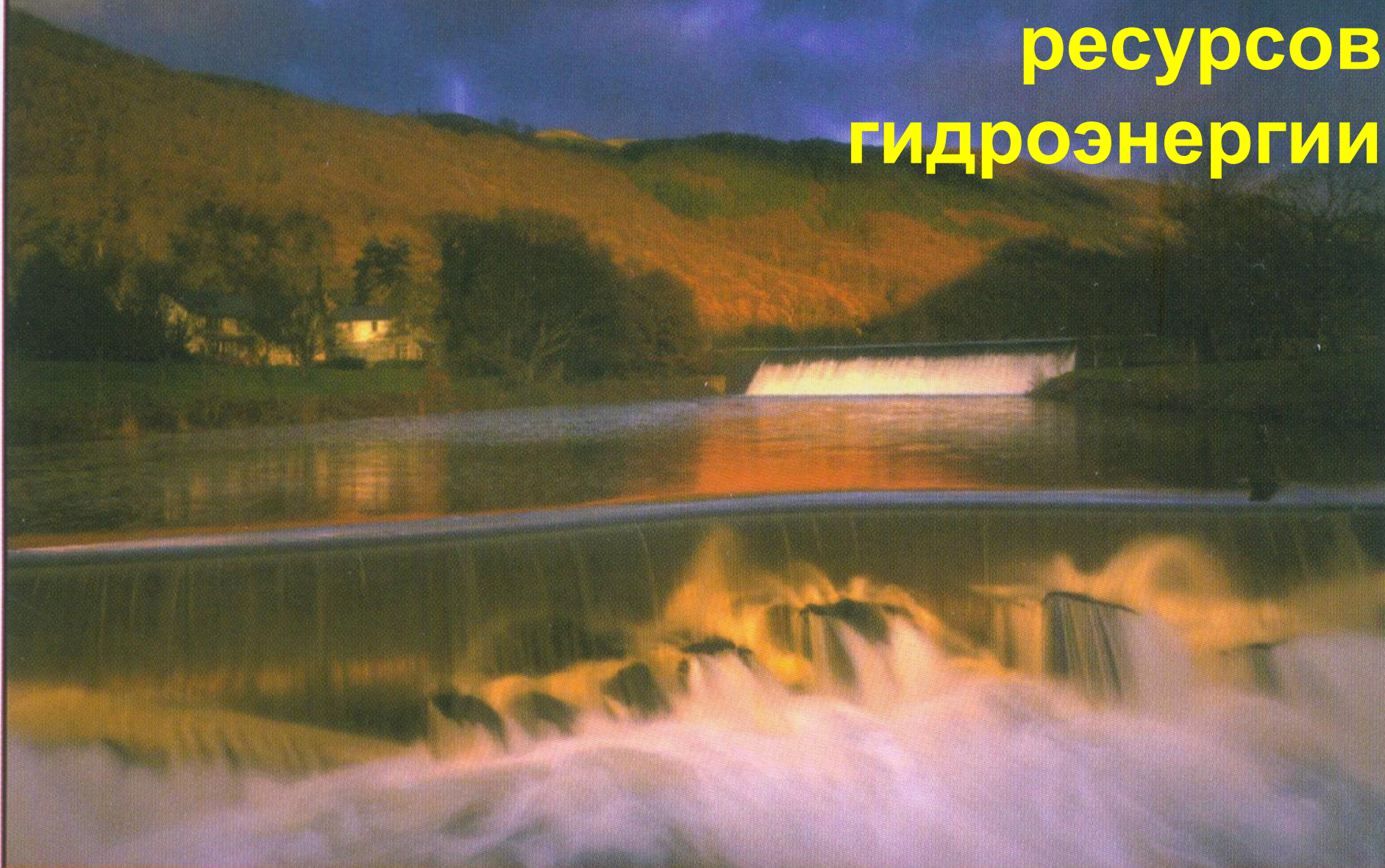


# Global Geothermal Electricity Capacity (2009) – Select Countries





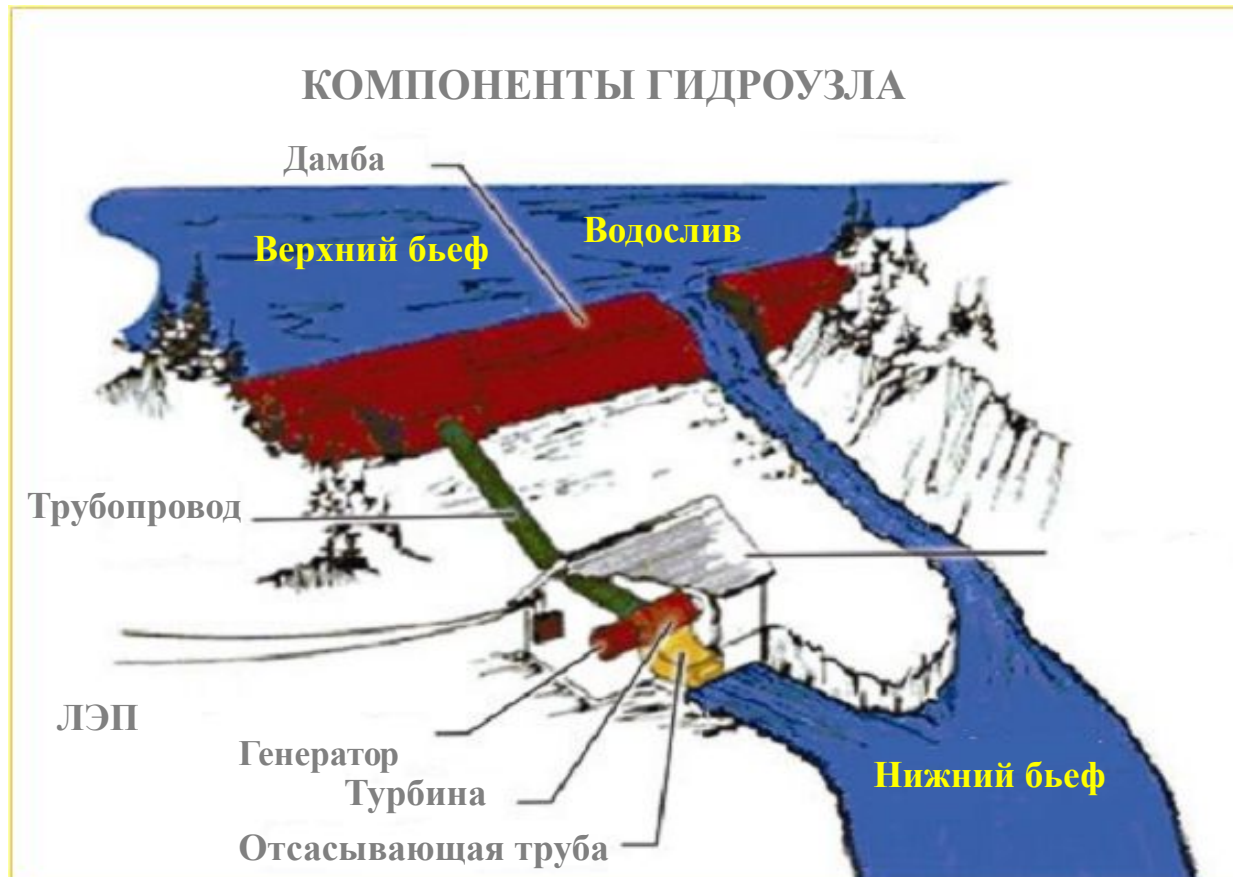
# IV. Использование ресурсов гидроэнергии





# Micro- and Mini-Hydro Power Installations

$N =$  from 10 kW to several MW



# Классификация МГЭС

## По мощности:

- в России – от 0,1 до 30 МВт
- в Европе (ЕСНА) – до 10 МВт
- ООН:
  - микроГЭС - до 0,1 МВт
  - мини-ГЭС - от 0,1 до 1 МВт
  - малые ГЭС - от 1 до 10 МВт

## По способу создания напора:

- плотинные;
- деривационные;
- смешанные (плотинно-деривационные);
- малые ГЭС при готовом напорном фронте (на перепадах каналов, в системах водоснабжения и др.).

## По типу водотока :

- малых реках;
- ручьях;
- озерных водосбросах;
- оросительных водоводах;
- питьевых водоводах;
- технологических водотоках и продуктопроводах предприятий;
- водосбросах ТЭЦ и АЭС;
- промышленных и канализационных стоках.

# Характеристики МГЭС

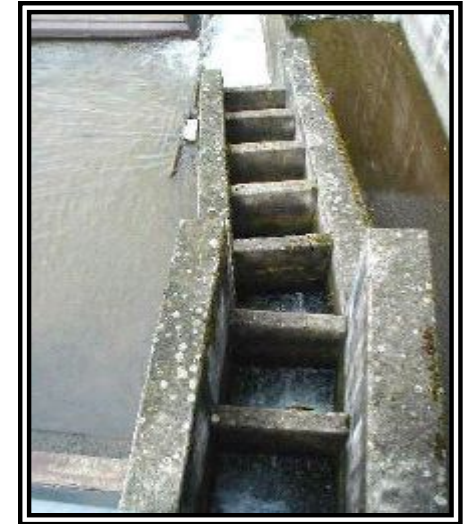
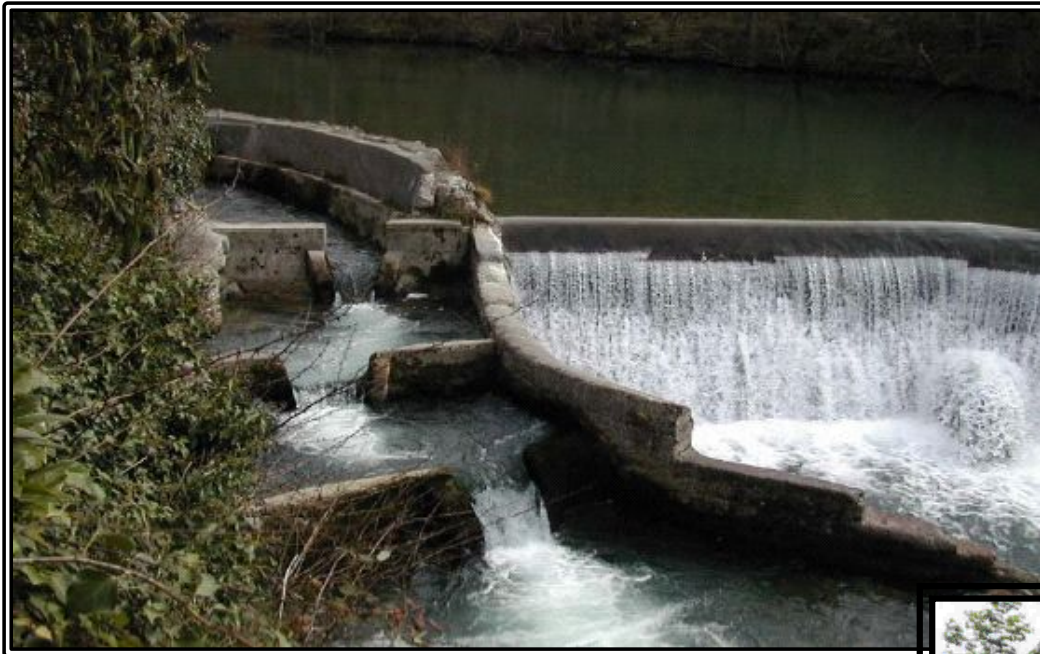
## Экологические аспекты:

- Минимальное затопление земель или их отсутствие (русловые МГЭС)
- Подтопление и переработка берегов присутствует в меньших масштабах
- Улучшение гидрологических условий реки
- Минимальное климатическое воздействие
- Минимальное ландшафтное преобразование
- Не препятствуют процессам водообмена, способствуют аэрации воды
- Не могут спровоцировать землетрясения
- Повышают кормность водоемов, благоприятно влияют на ихтиофауну
- Дают минимальный вклад в эмиссию газов по сравнению со всеми способами производства энергии (по полному циклу производства)



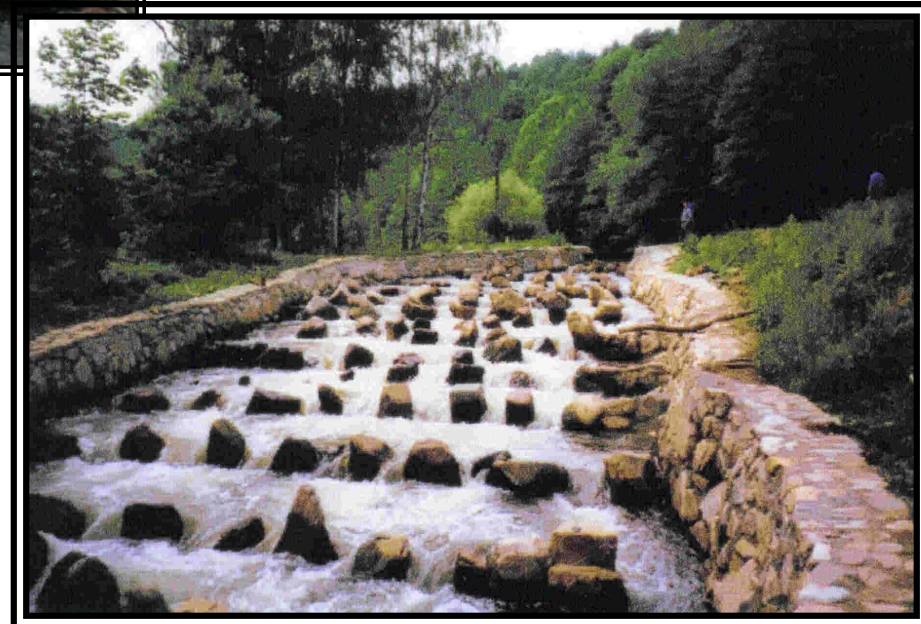
# Рыбоходы

## 1. Лестничный

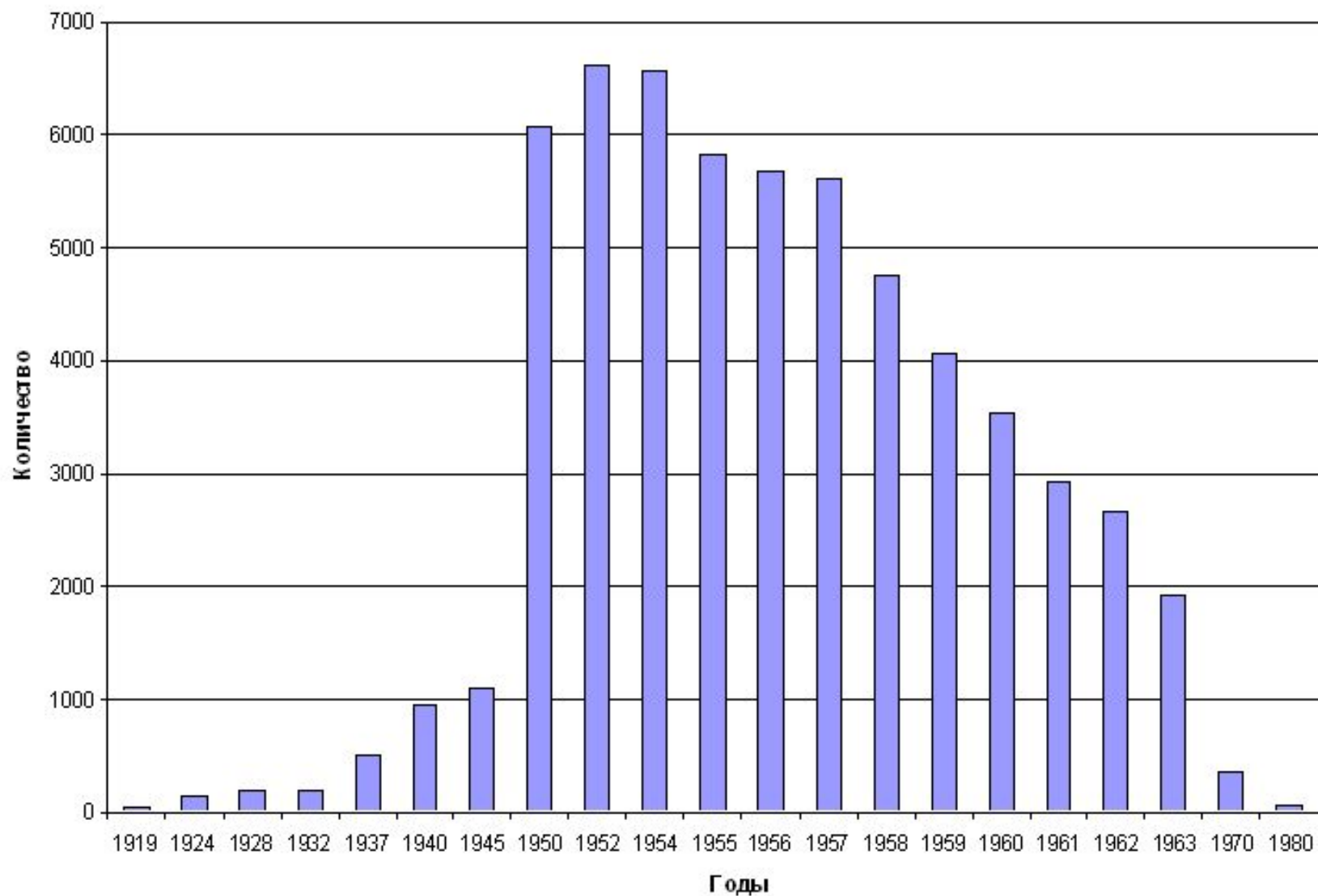


## 2. Лотковый

## 3. Имитирующий природу



## Число малых ГЭС действовавших в России в период с 1919 по 1980 гг.





За последние годы в  
**ЗАО «МНТО ИНСЭТ»**

разработаны «Концепции развития и  
схемы размещения объектов малой  
гидроэнергетики»  
для Республик  
Тыва (18 малых ГЭС)  
Алтай (35 малых ГЭС)  
Бурятия (12 малых ГЭС)  
Северная Осетия – Алания  
(17 малых ГЭС)  
общей мощностью более 370 МВт



# V. Направления биоэнергетики

По источникам биомасса делится :

- древесные отходы (отходы лесохозяйственных и строительных компаний);
- лесосечные отходы
- лесные массивы с коротким циклом
- травяные лигноцеллюлозные культуры (мискантус)
- сахарные культуры (сахарная свекла, сахарный тростник, сорго)
- крахмальные культуры (кукуруза, пшеница, зерно, ячмень)
- масляные культуры (рапс, подсолнечники)
- сельскохозяйственные субпродукты и отходы (солома, навоз, компост и т.д.)
- органические фракции коммунально-бытовых твердых отходов и осадки сточных вод
- промышленные отходы (например, от пищевой и бумажно-целлюлозной промышленности)





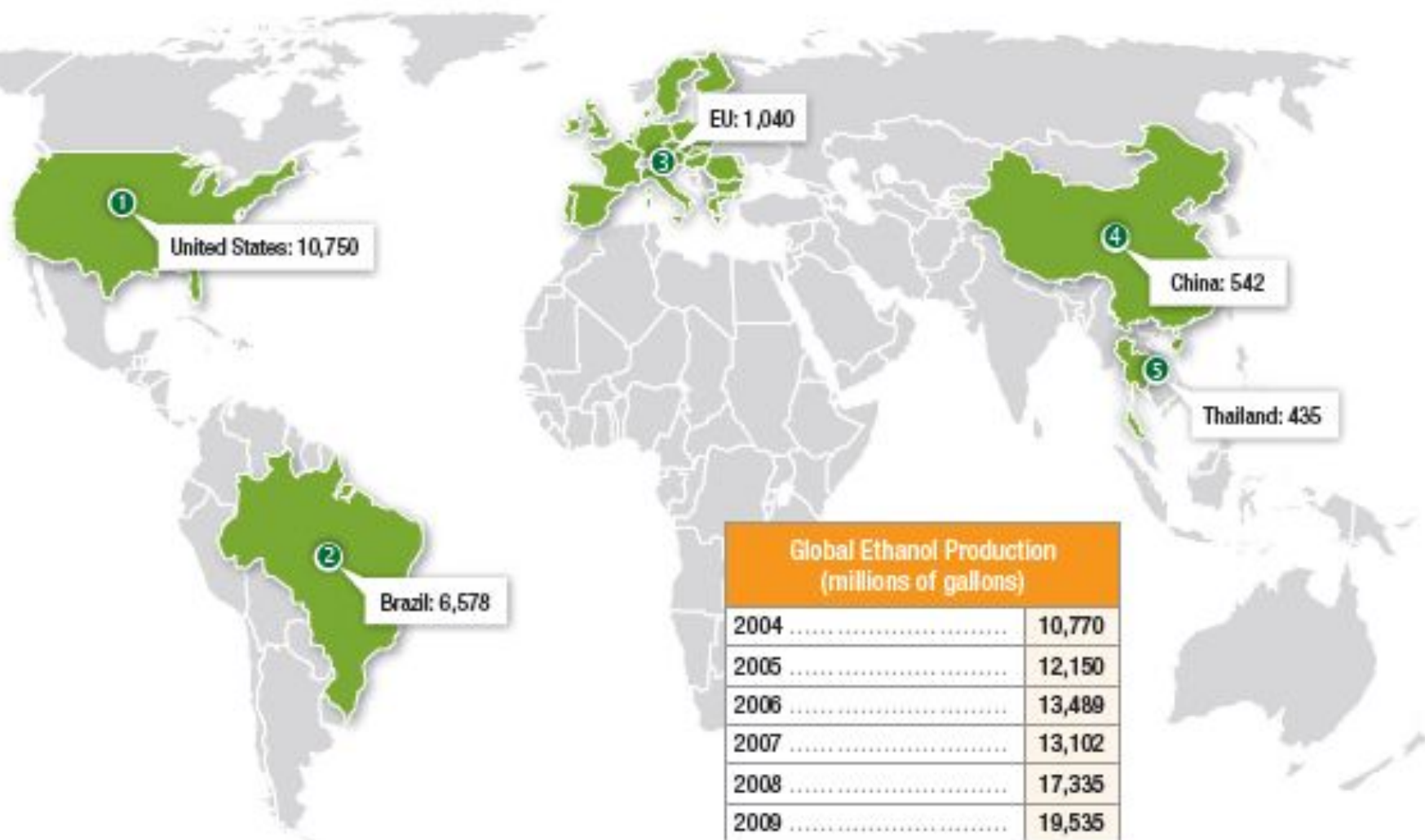
К основным **жидким биотопливам**, получаемым по современным технологиям, следует отнести:

- - **биодизельное топливо (биодизель)** (способ получения: переэтерификация триацилглицеридов (ТАГ) растительных масел и животных жиров; в качестве сопутствующего продукта получается глицерин);
- - **возобновляемый дизель** (способы получения: 1) гидропроцессинг ТАГ; 2) газификация биомассы или продуктов ее пиролиза с последующей каталитической конверсией синтез-газа, в том числе по технологиям Фишера-Тропша (английская аббревиатура процесса - BTL (biomass to liquid));
- - **биоэтанол первого поколения из пищевого сырья** (способ получения: спиртовое брожение углеводсодержащего сырья дрожжами);
- - **биобутанол первого поколения из пищевого сырья** (способ получения: ацетоно-бутиловое сбраживание растворенных сахаров анаэробными кластридиями. В этом процессе образуется бутанол, ацетон и этанол в соотношении 60:30:10, соответственно; побочным продуктом является водород);
- - **биоэтанол второго поколения из целлюлозного сырья** (способы получения: 1) слабокислотный или ферментативный гидролиз лигноцеллюлозной биомассы, делигнификация, брожение и сушка полученного этанола; 2) газификация биомассы с последующей переработкой синтез-газа в этанол; 3) каталитический синтез этанола);
- - **биобутанол второго поколения из целлюлозного сырья** (способы получения: производство основано на ацетоно-бутиловом сбраживании анаэробными кластридиями растворенных сахаров, полученных из целлюлозы);
- - **жидкое пиролизное биотопливо (бионефть)** (способ получения: быстрый пиролиз). Бионефть широко используется как альтернативное топливо малой и коммунальной энергетики, а также в качестве химического сырья и сырья для дорожного строительства

*\*Гидропроцессинг включает гидрокрекинг, гидрогенизацию и гидроочистку.*

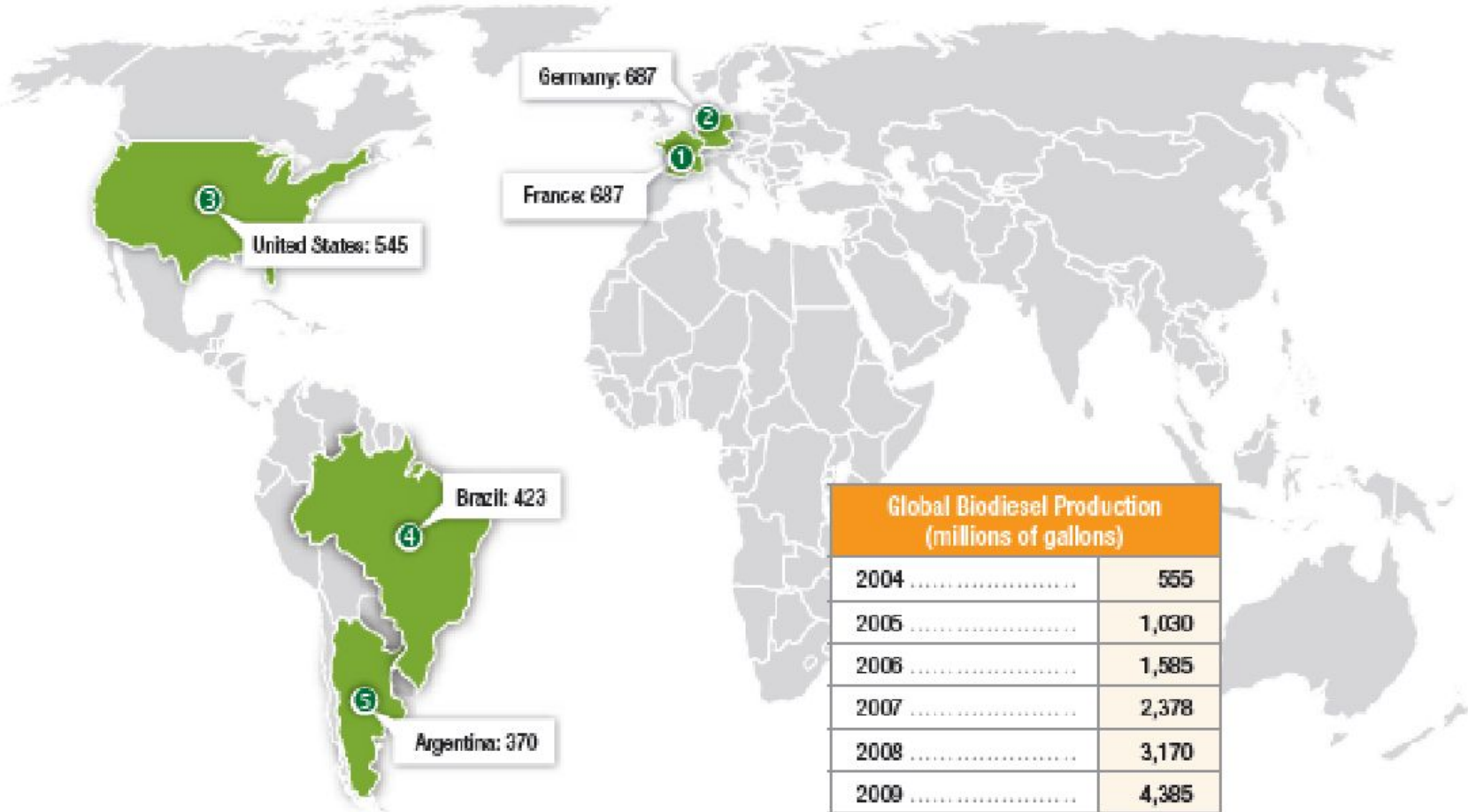
# Global Ethanol Production

## Top Five Countries (2009) Ethanol Production (millions of gallons)



# Global Biodiesel Production

Top Five Countries (2009) Biodiesel Production (millions of gallons)



# Топливо третьего поколения из продуктов биосинтеза микроводорослей

Способ получения:

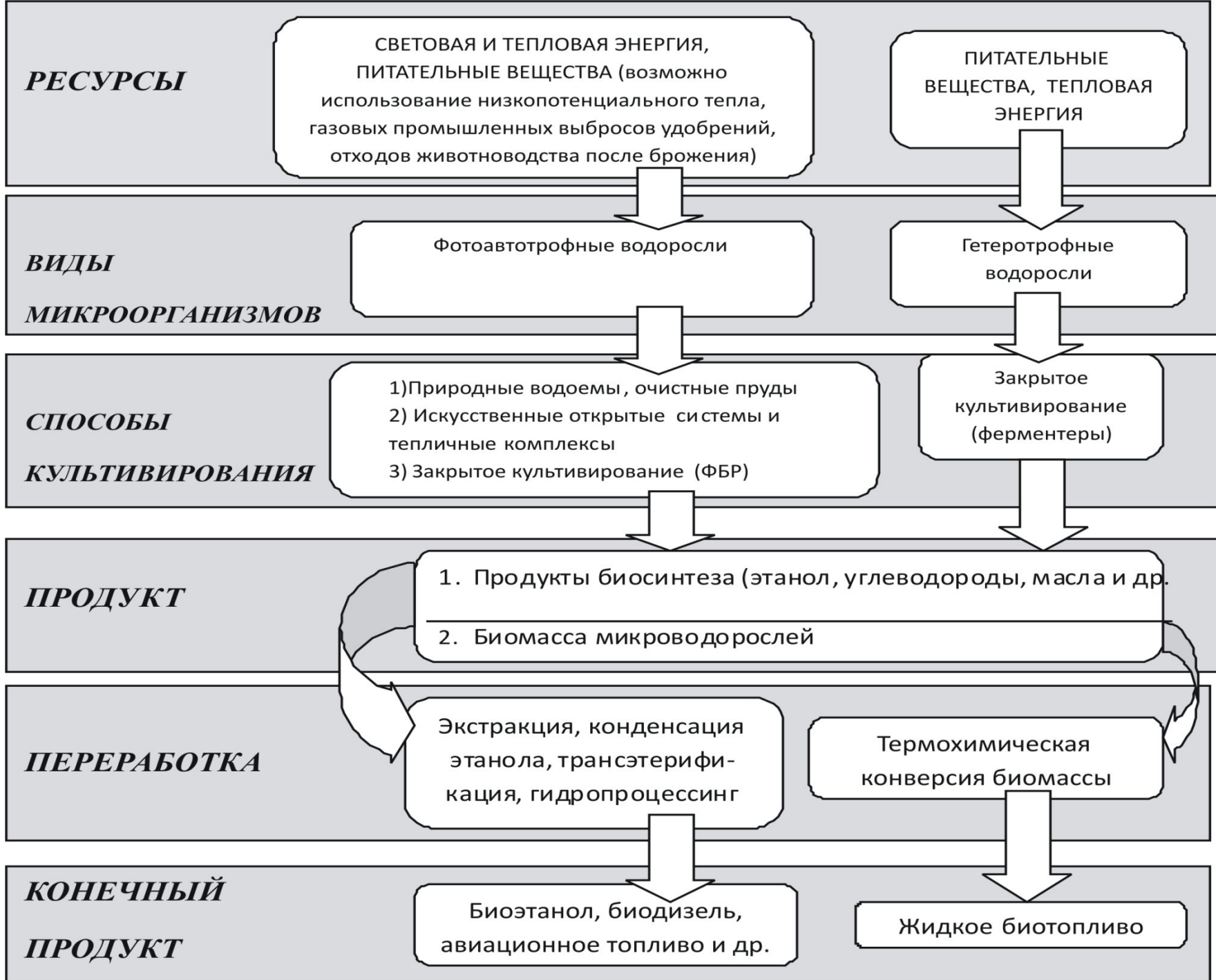
- 1) биосинтез этанола и водорода водорослями;
- 2) биосинтез
  - а) углеводов (с последующим спиртовым или ацетоно-бутиловым сбраживанием до **биоэтанола** и **биобутанола**),
  - б) углеводородов (с последующим гидрокрекингом до **керосина, бензина, дизеля, мазута и др.**),
  - в) ТАГов (с получением переэтерификацией **биодизеля** и гидропроцессингом - **авиационного топлива**) и др.

При этом сама биомасса микроводорослей или отходы ее переработки могут служить сырьем для производства биотоплива (метана, бионефти, жидких биотоплив) технологиями второй генерации (рис.1).





Керосин  
Бензин  
Дизель  
Мазут



**РЕСУРСЫ**

СВЕТОВАЯ И ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ, ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА (возможно использование низкопотенциального тепла, газовых промышленных выбросов удобрений, отходов животноводства после брожения)

ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ

**ВИДЫ**

**МИКРООРГАНИЗМОВ**

Фотоавтотрофные водоросли

Гетеротрофные водоросли

**СПОСОБЫ**

**КУЛЬТИВИРОВАНИЯ**

1) Природные водоемы, очистные пруды  
2) Искусственные открытые системы и тепличные комплексы  
3) Закрытое культивирование (ФБР)

Закрытое культивирование (ферментеры)

**ПРОДУКТ**

1. Продукты биосинтеза (этанол, углеводороды, масла и др.)  
2. Биомасса микроводорослей

**ПЕРЕРАБОТКА**

Экстракция, конденсация этанола, трансэтерификация, гидропроцессинг

Термохимическая конверсия биомассы

**КОНЕЧНЫЙ**

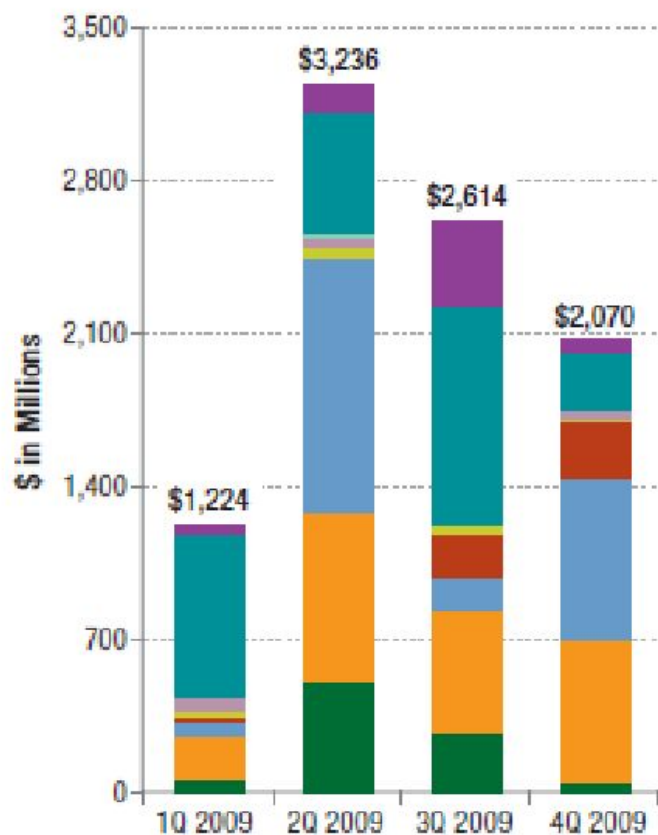
**ПРОДУКТ**

Биоэтанол, биодизель, авиационное топливо и др.

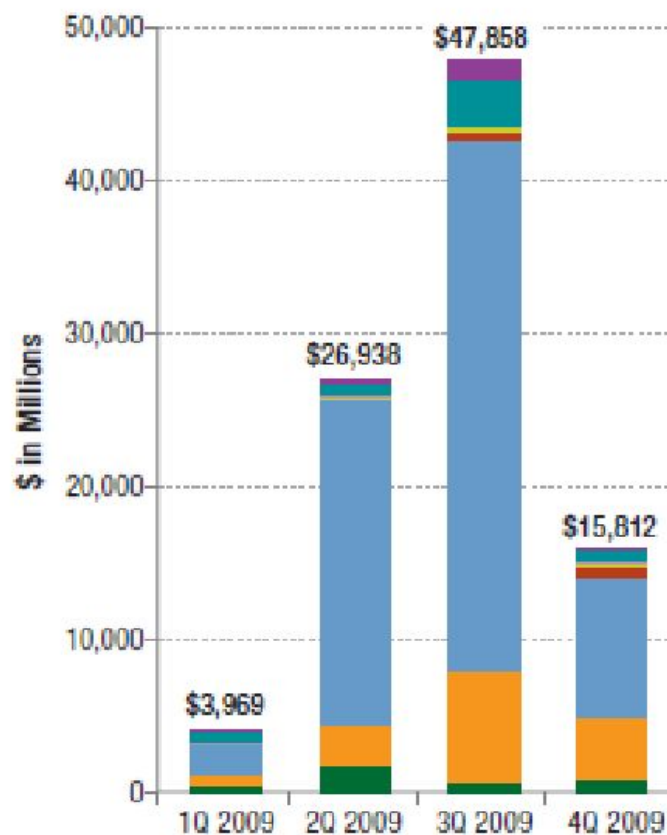
Жидкое биотопливо

# U.S. and Global Total Investment in Renewable Energy, 2009 (\$ millions)

## U.S. Total Investment



## Global Total Investment



Source: Bloomberg New Energy Finance

Completed and disclosed deals only.

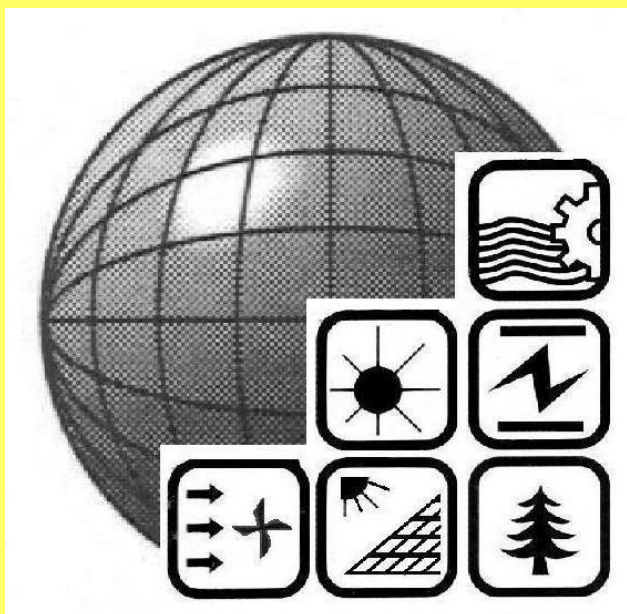
Includes VC/PE, public market activity, asset financing, and acquisition transactions.

# Спасибо за внимание!



**ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
МГУ имени М.В. Ломоносова

119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1,  
Географический факультет МГУ  
имени М.В.Ломоносова



## НИЛ ВИЭ МГУ

<http://www.geogr.msu.ru>

[rsemsu@mail.ru](mailto:rsemsu@mail.ru)

+7 495 939-42-57