

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



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

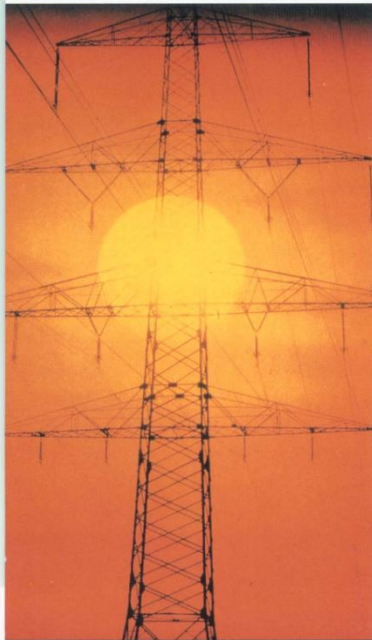


Истощаемые
энергоресурсы:
нефть, газ, уголь – 73%

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

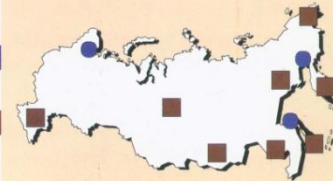
среднегодовые скорости ветра
более 5 м/с

ЭНЕРГИЯ БИОМАССЫ

избыточная лесообеспеченность
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, жизненность 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/м²**

в среднем за год – **150–250 Вт/м²**

Ветровой поток:

при $v=10$ м/с – **500 Вт/м²**

при $v=5$ м/с – **60 Вт/м²**

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

Водный поток:

при $v=1$ м/с – **500 Вт/м²**

В традиционных энергоустановках плотность энергетических потоков достигает сотен кВт или даже нескольких МВт/м²

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

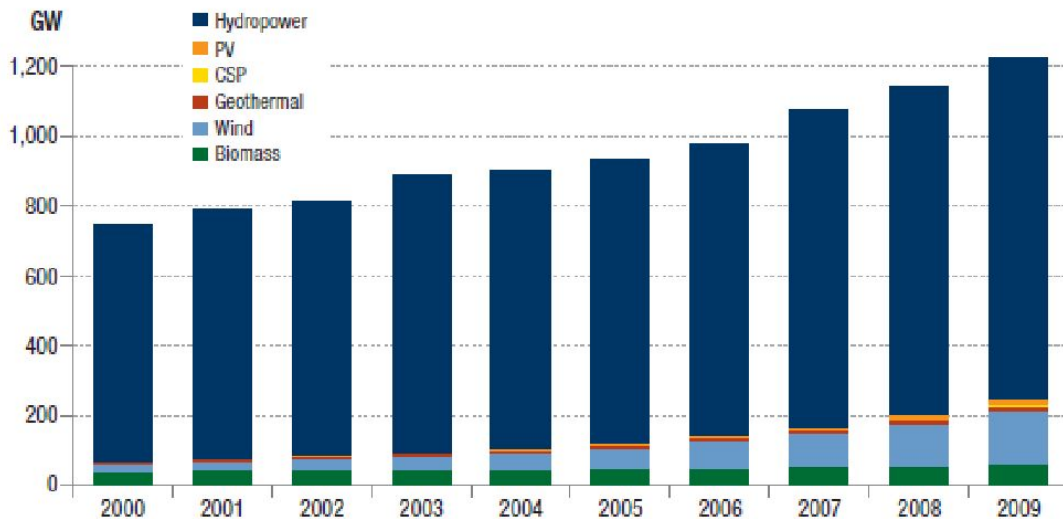
Некоторые данные о масштабах ***NREL US-2009***

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

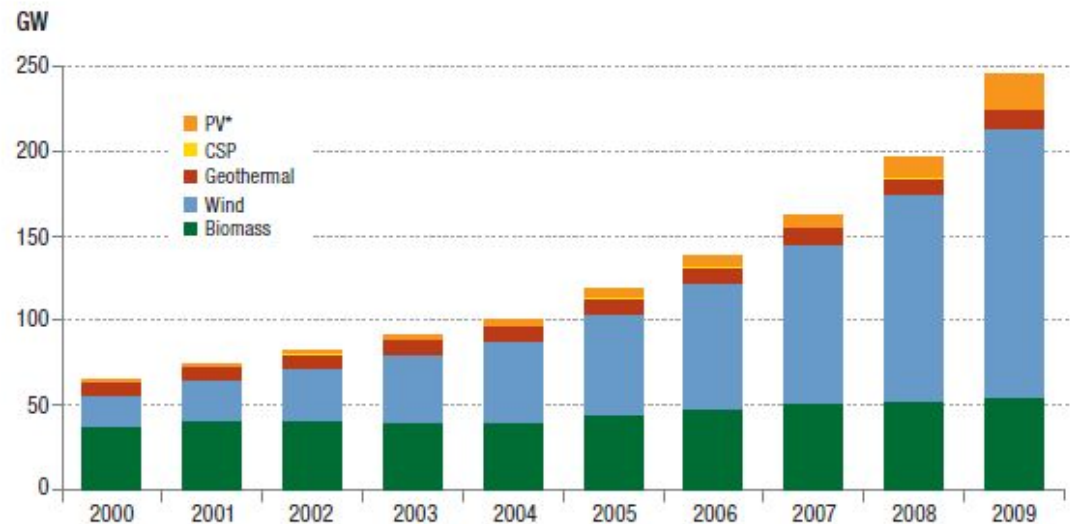
о масштабах
NREL US-2009



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

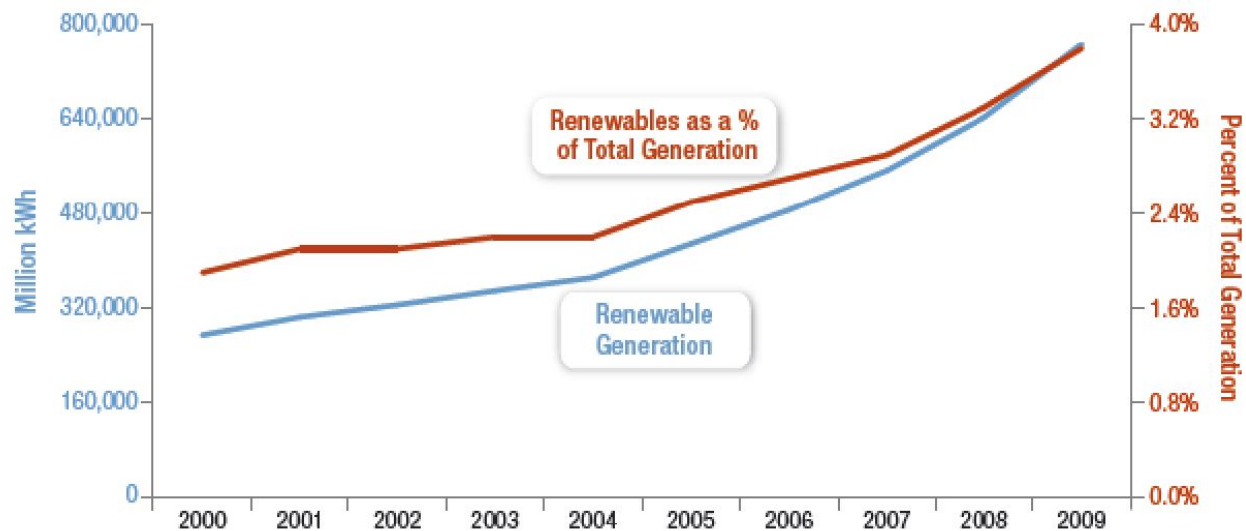
	Hydro	Solar PV	CSP	Wind	Geothermal	Biomass	Renewables without Hydro	All Renewables
2000	0%	22%	0%	31%	0%	6%	11%	1%
2001	5%	29%	0%	33%	0%	8%	15%	6%
2002	2%	33%	0%	29%	2%	0%	11%	3%
2003	9%	25%	0%	29%	9%	-3%	11%	9%
2004	1%	33%	0%	20%	0%	0%	10%	1%
2005	2%	38%	0%	23%	4%	13%	18%	4%
2006	2%	32%	0%	25%	3%	7%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

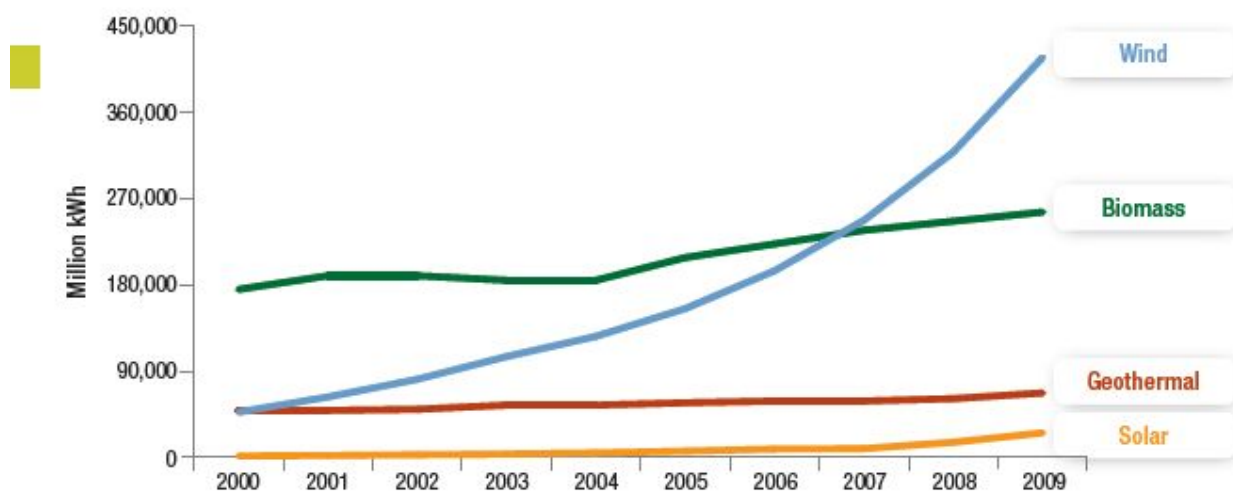
Renewables as a Percent of Total Installed Nameplate Capacity Worldwide

	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

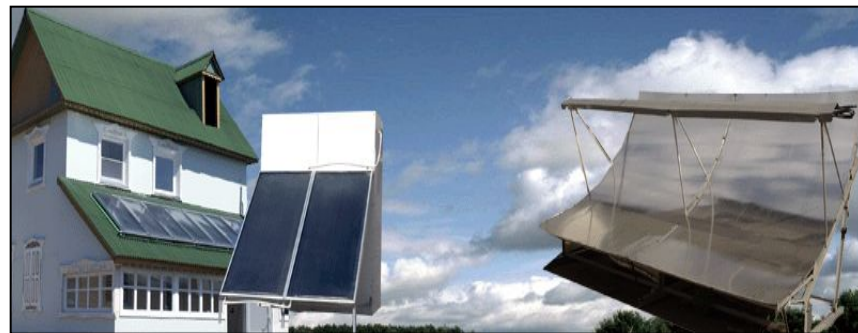
Biomass	
1	U.S.
2	Brazil
3	Germany
4	China
5	Sweden

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

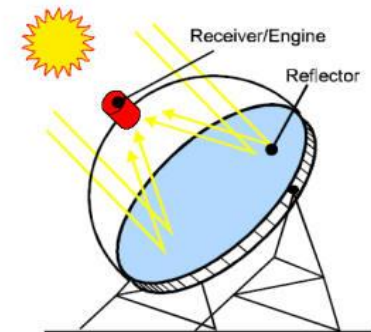
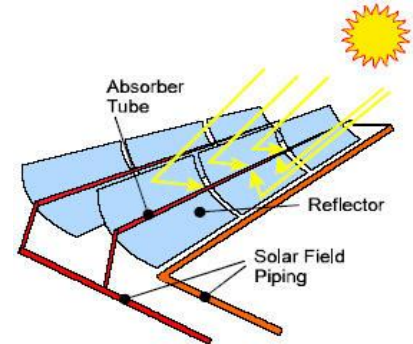
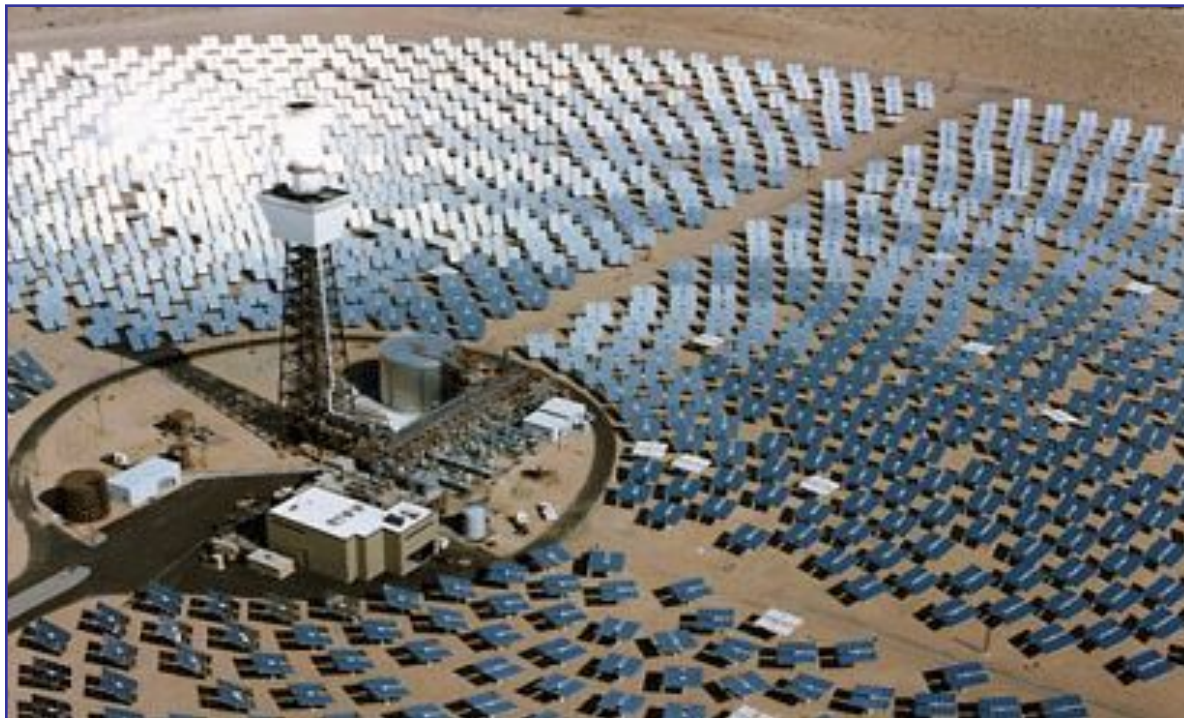
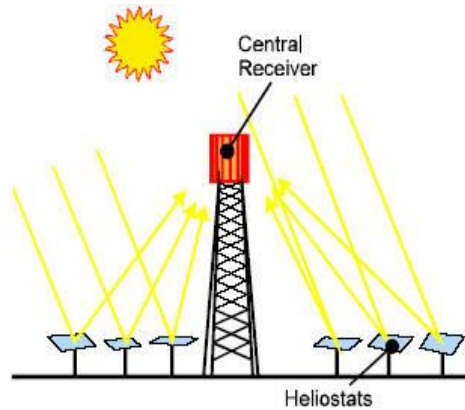
I. Солнечная энергия

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



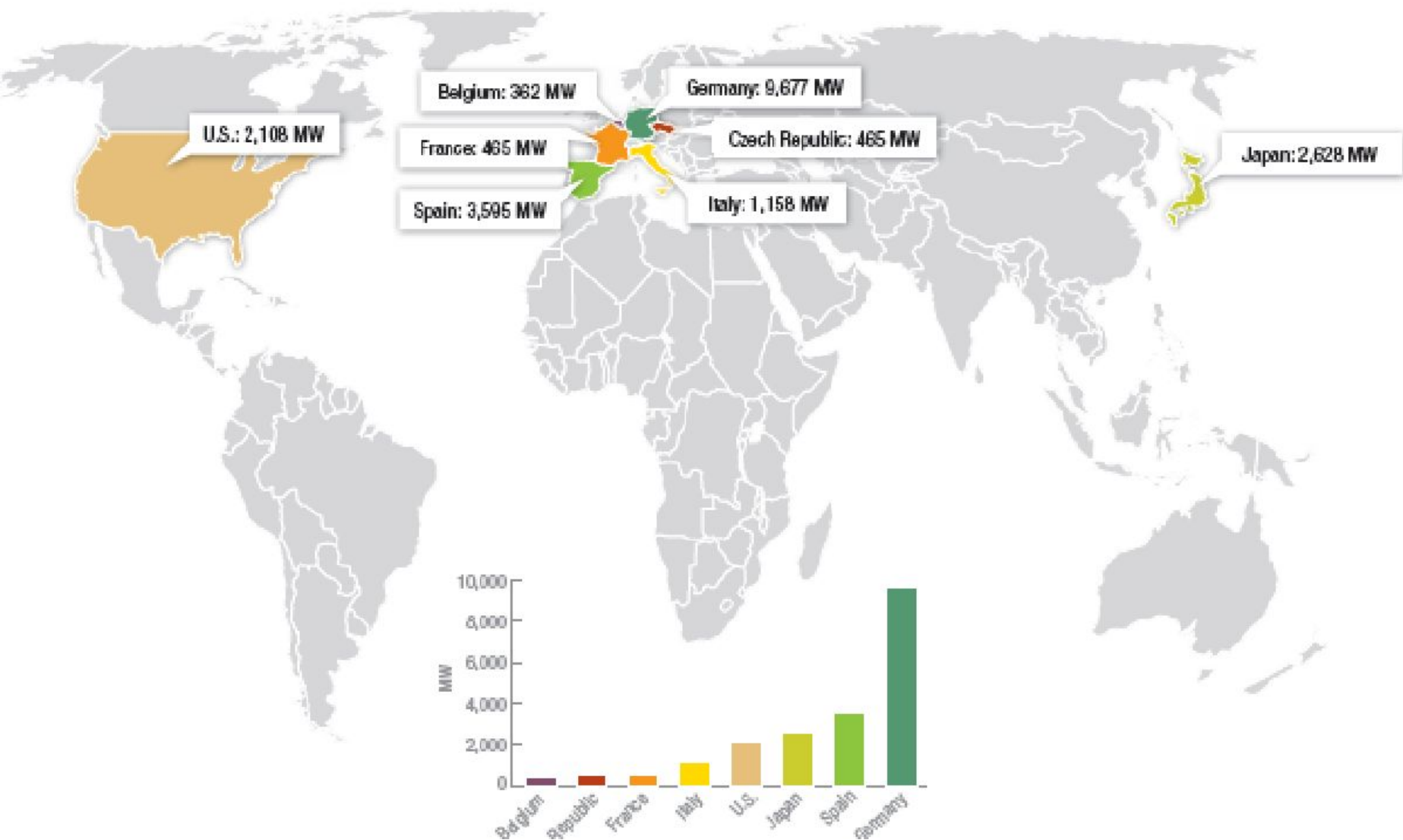
...otion Programm for PV* — TNC Consulting AG, CH-8707 Männedorf



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

Преимущества	Недостатки
простота в изготовлении и обслуживании;	относительно высокая стоимость модульных установок;
долговечность; 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;

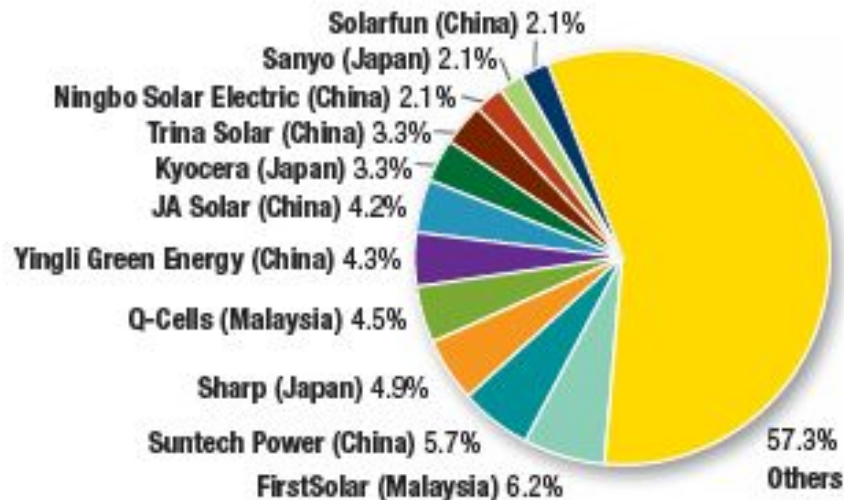
Solar Energy Installed Capacity (2009) – Select Countries



Photovoltaic Manufacturing

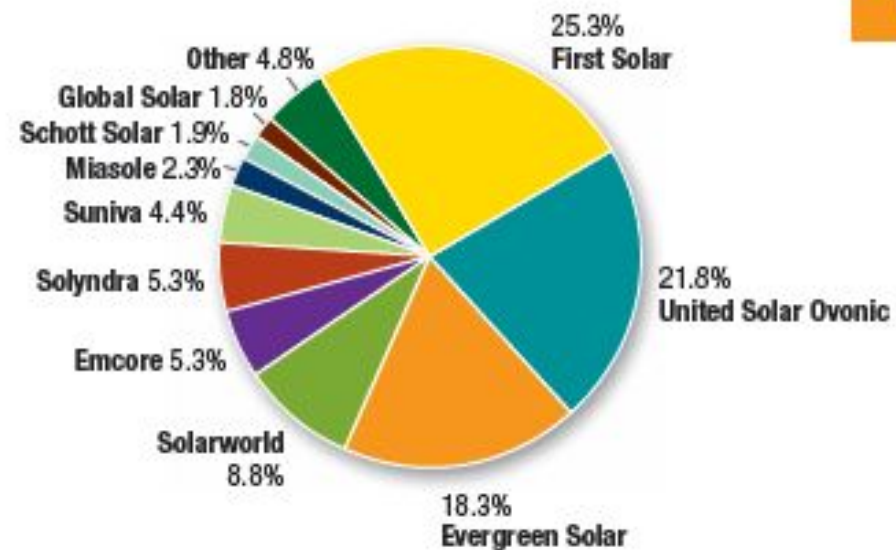
Global Solar PV Production 2009:

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

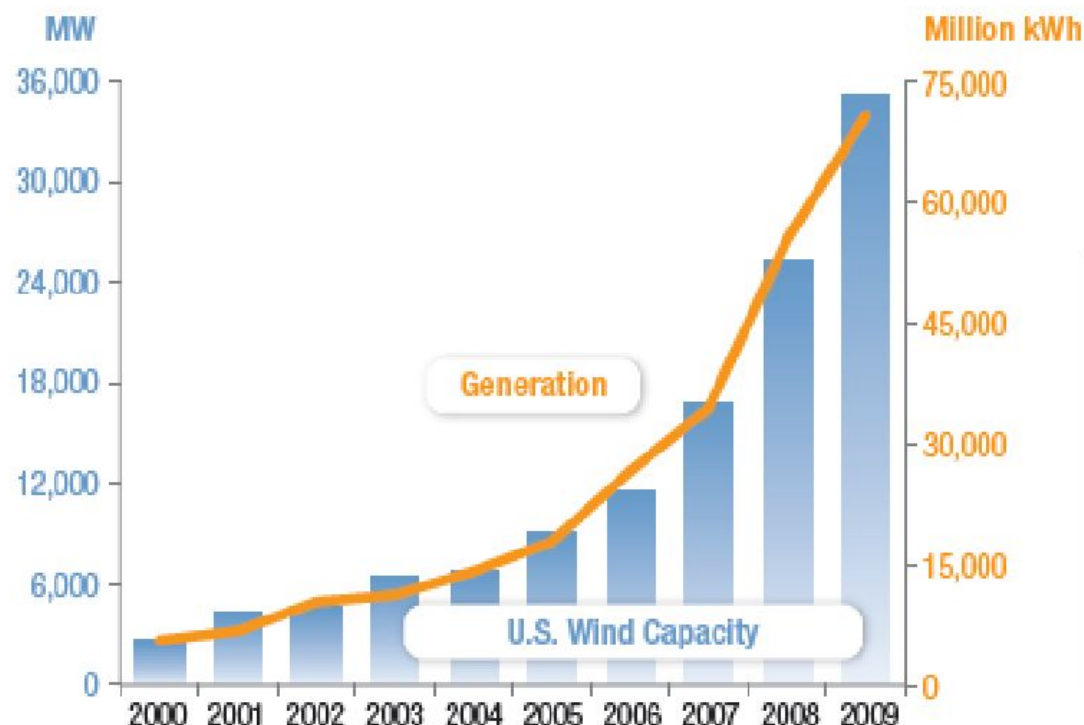
Ссылка: Ермоленко Б.В., Ермоленко Г.В, Рыженков М.А.

Экологические аспекты ветроэнергетики// Теплоэнергетика, № 11, 2011

Негативный внешний эффект (евроцент/кВтч)

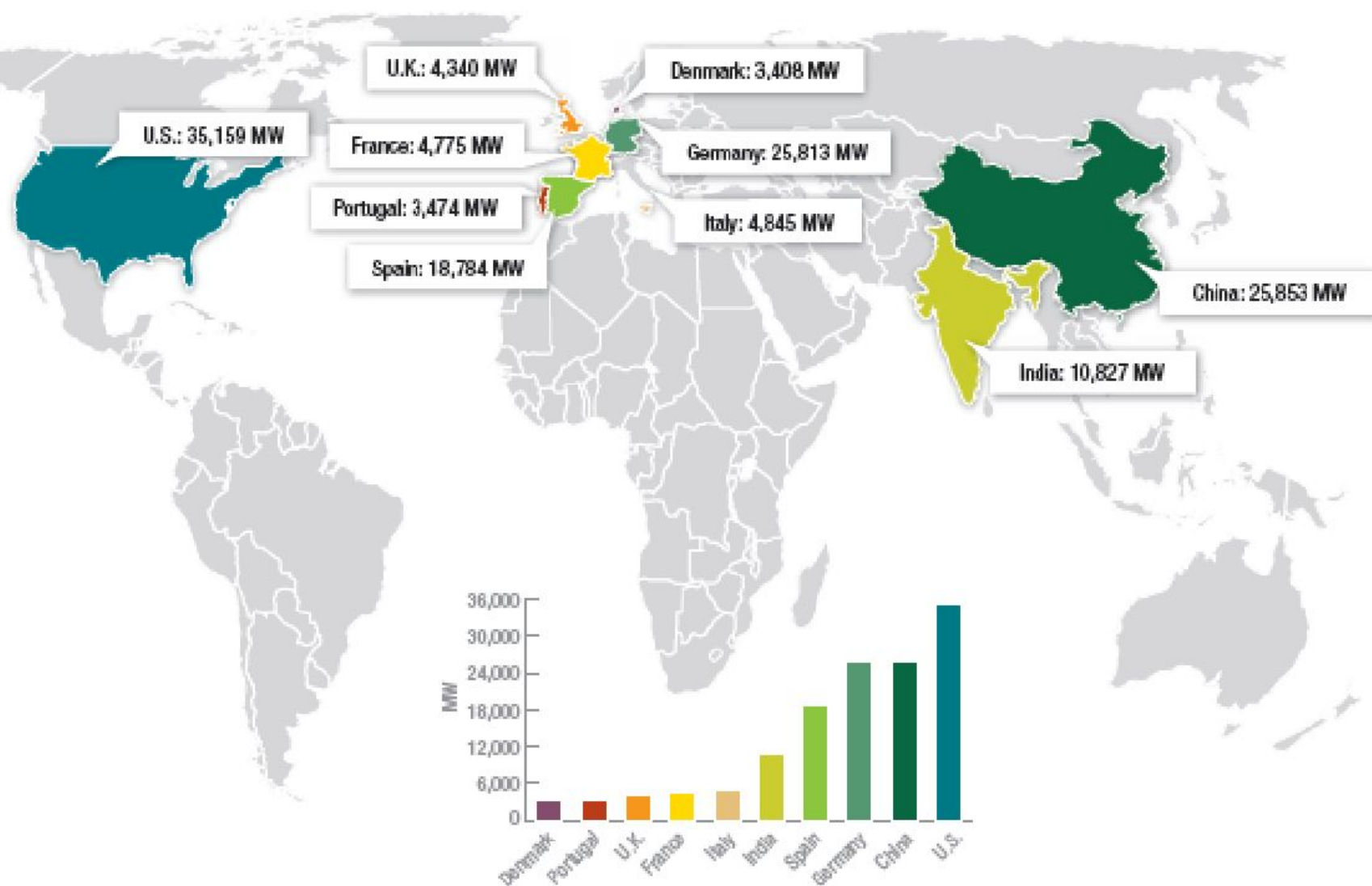
Источник энергии	Эффект
ВЭС	0,15
Природный газ	1,1
Угольная ЭС	2,55

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	5,593	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%

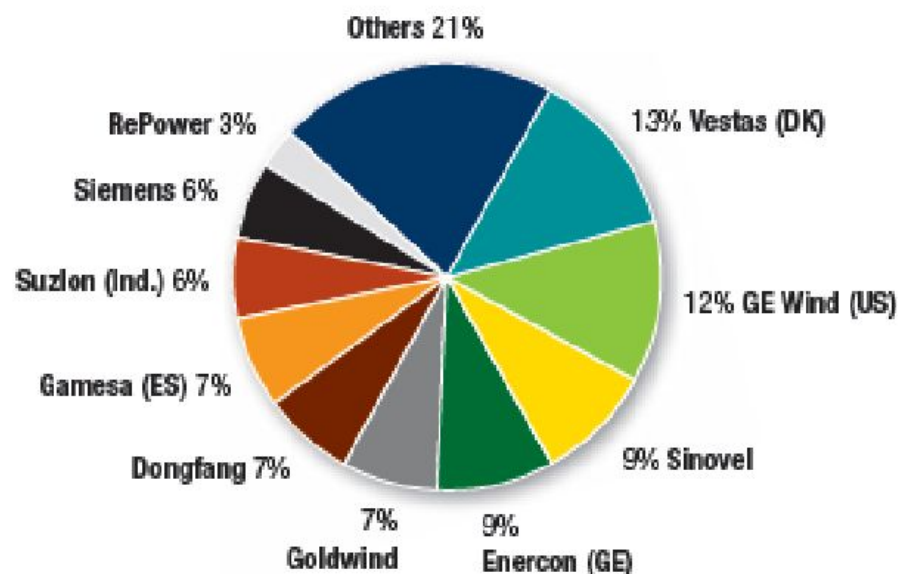
Wind Energy Capacity (2009) – Select Countries



Turbine Manufacturing

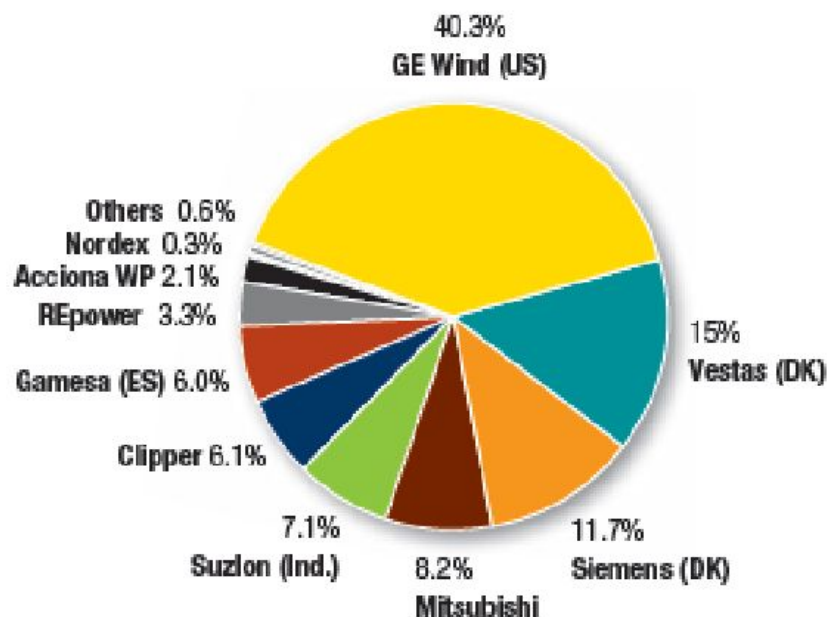
Global Wind Turbine Market Share 2009

Total Turbine Installations: 38 GW

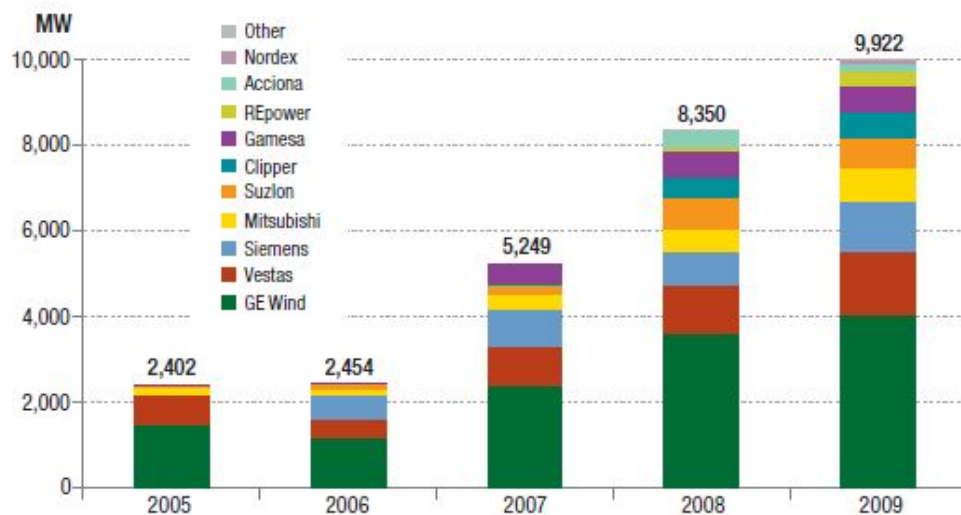


U.S. Wind Turbine Market Share 2009

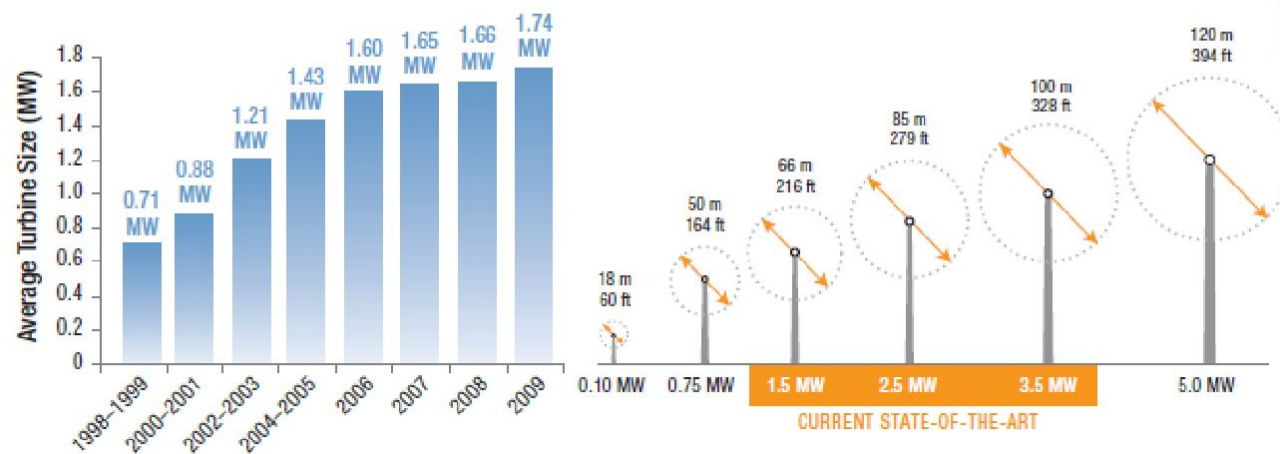
Total Turbine Installations: 9,922 MW



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



Average Installed Turbine Size



III. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА ЗЕМЛИ (ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ)

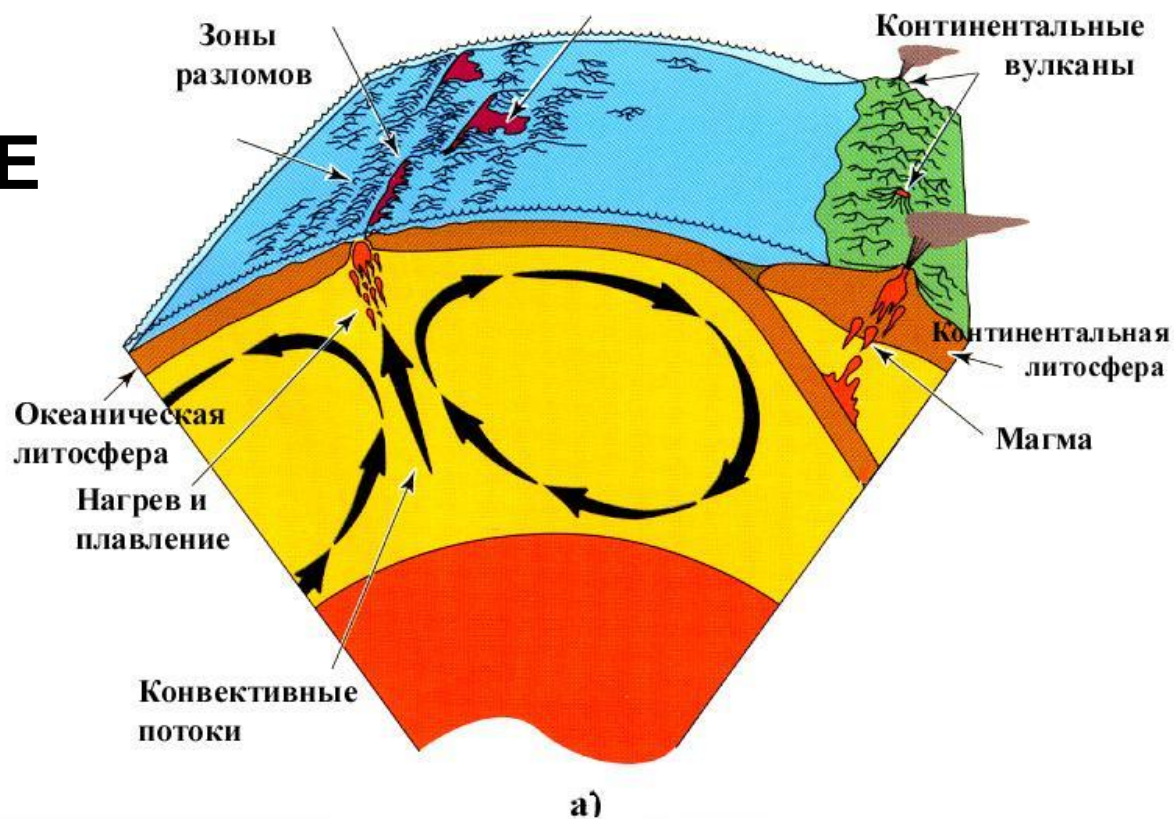
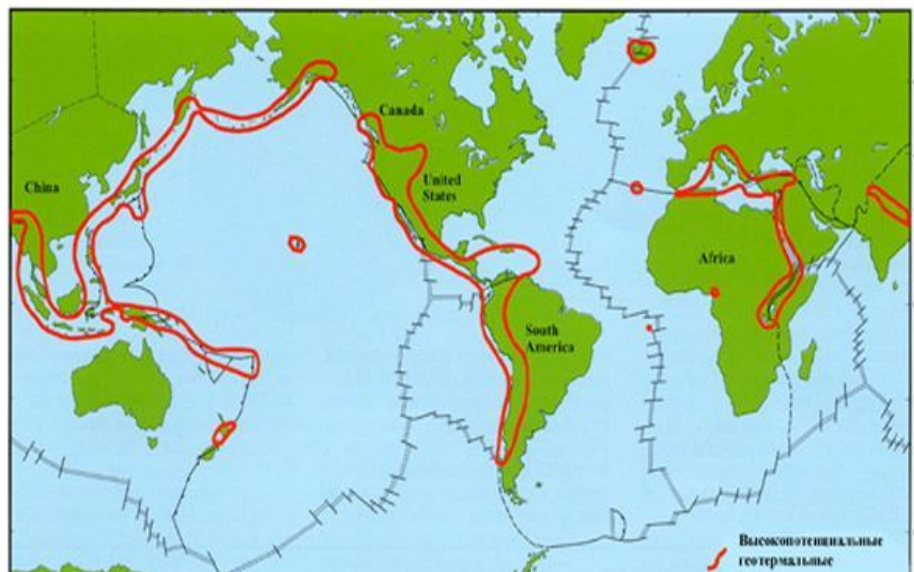


Рис.1. Тепловые потоки
Земли (а) и расположение
мировых
высокопотенциальных
геотермальных ресурсов (б).

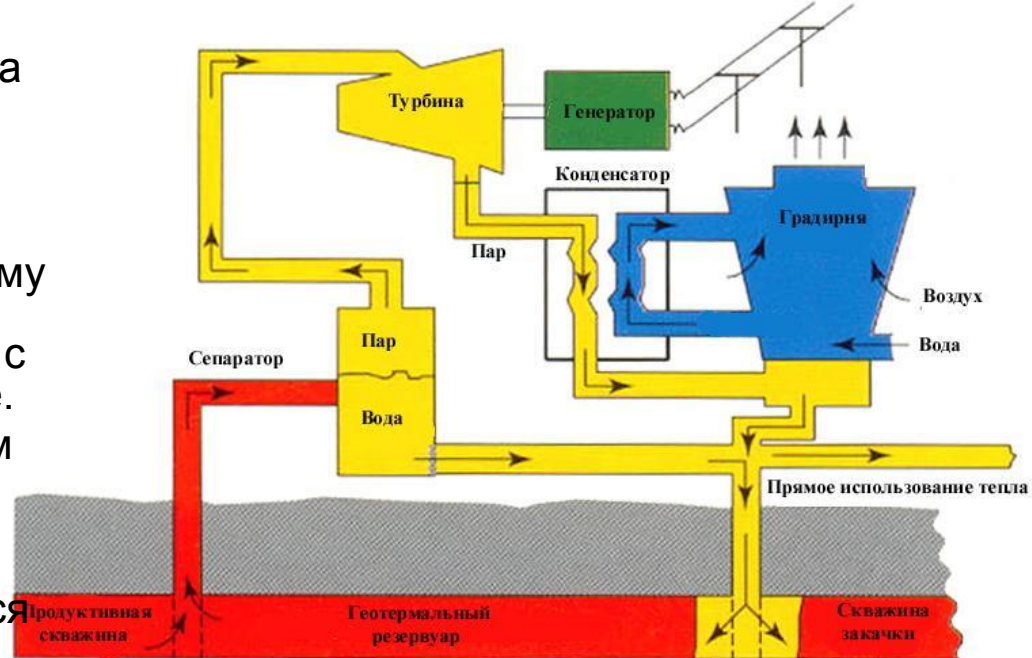


- В России впервые в 1967 году было запатентовано изобретение и реализована на опытно-промышленной Паратунской ГеоЭС (Камчатка) с бинарным циклом технология получения электрической энергии на основе использования геотермальной горячей воды. К настоящему времени более 500 подобных геотермальных энергетических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

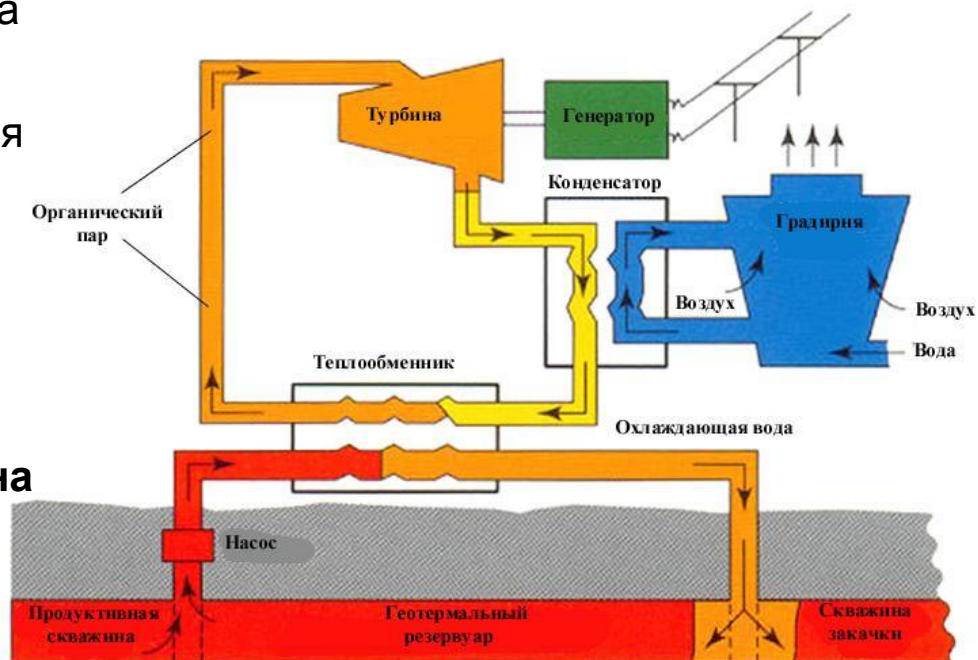
- Двухконтурные ГеоЭС с бинарным циклом позволяют реализовать технологию получения электроэнергии из горячей геотермальной воды. Геотермальный теплоноситель в таких ГеоЭС используется для подогрева и испарения в теплообменнике рабочего низкокипящего тела (например, изопентан) второго контура (см. рис. 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)

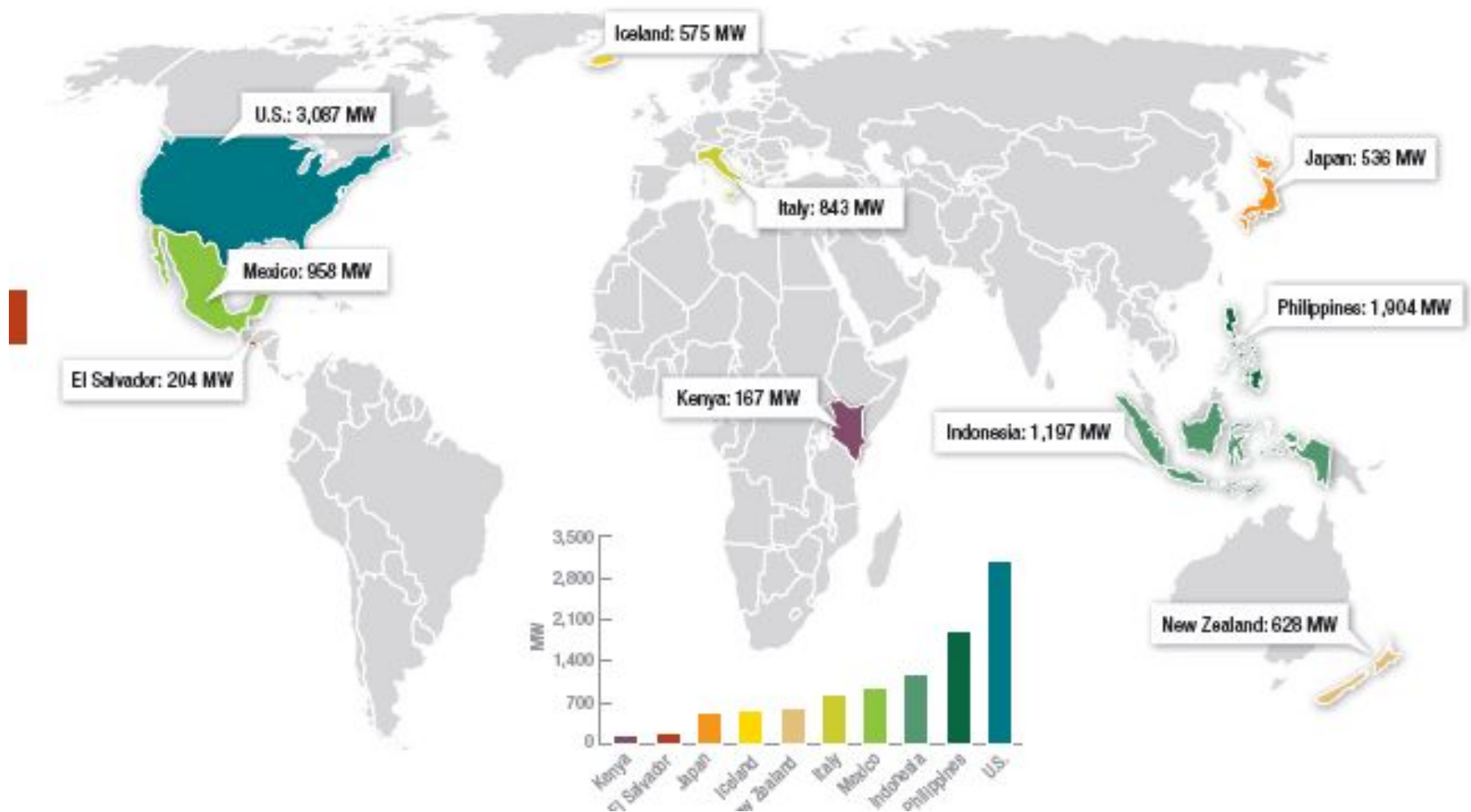


б)

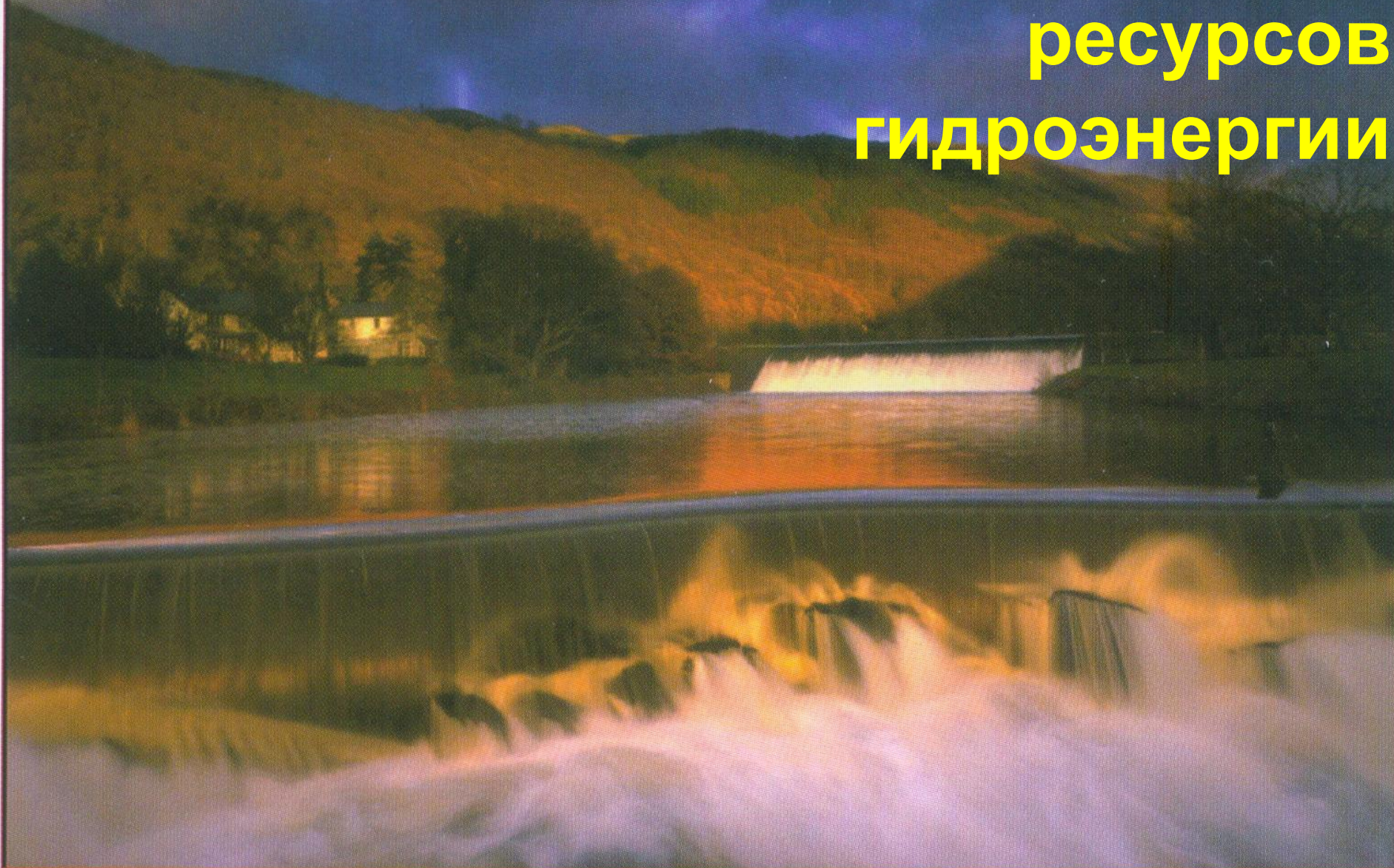
Geothermal Power Stations of Kamchatka and Kuril Islands



Global Geothermal Electricity Capacity (2009) – Select Countries

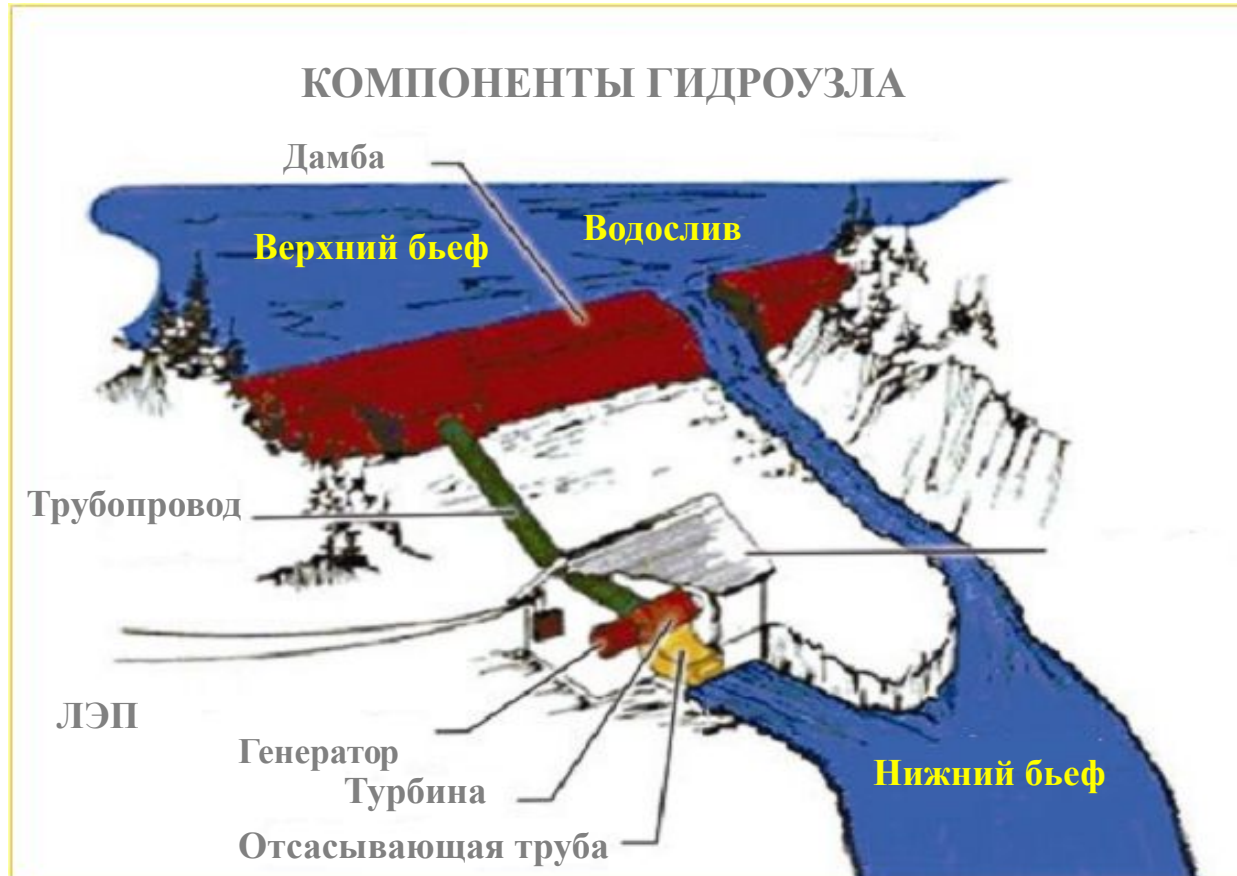


IV. Использование ресурсов гидроэнергии



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.

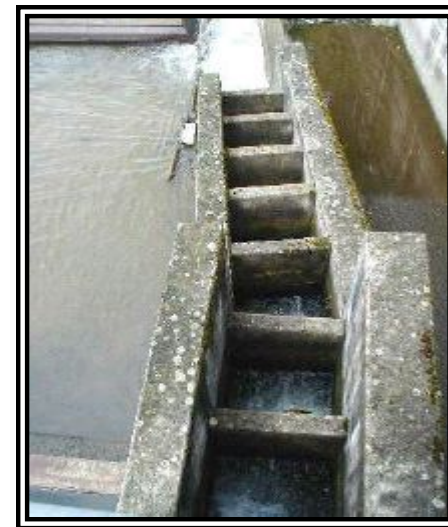
Характеристики МГЭС

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)

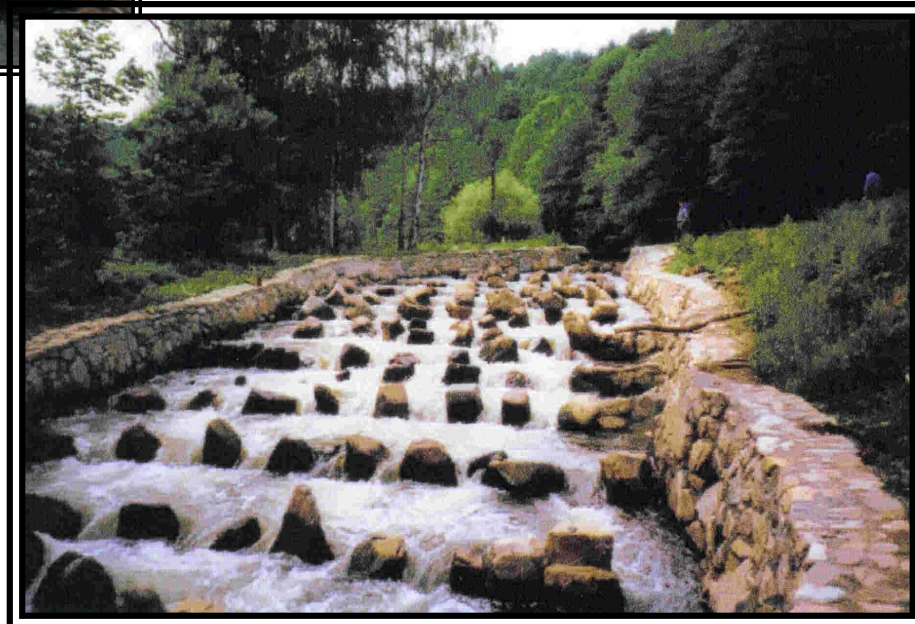
Рыбоходы

1. Лестничный

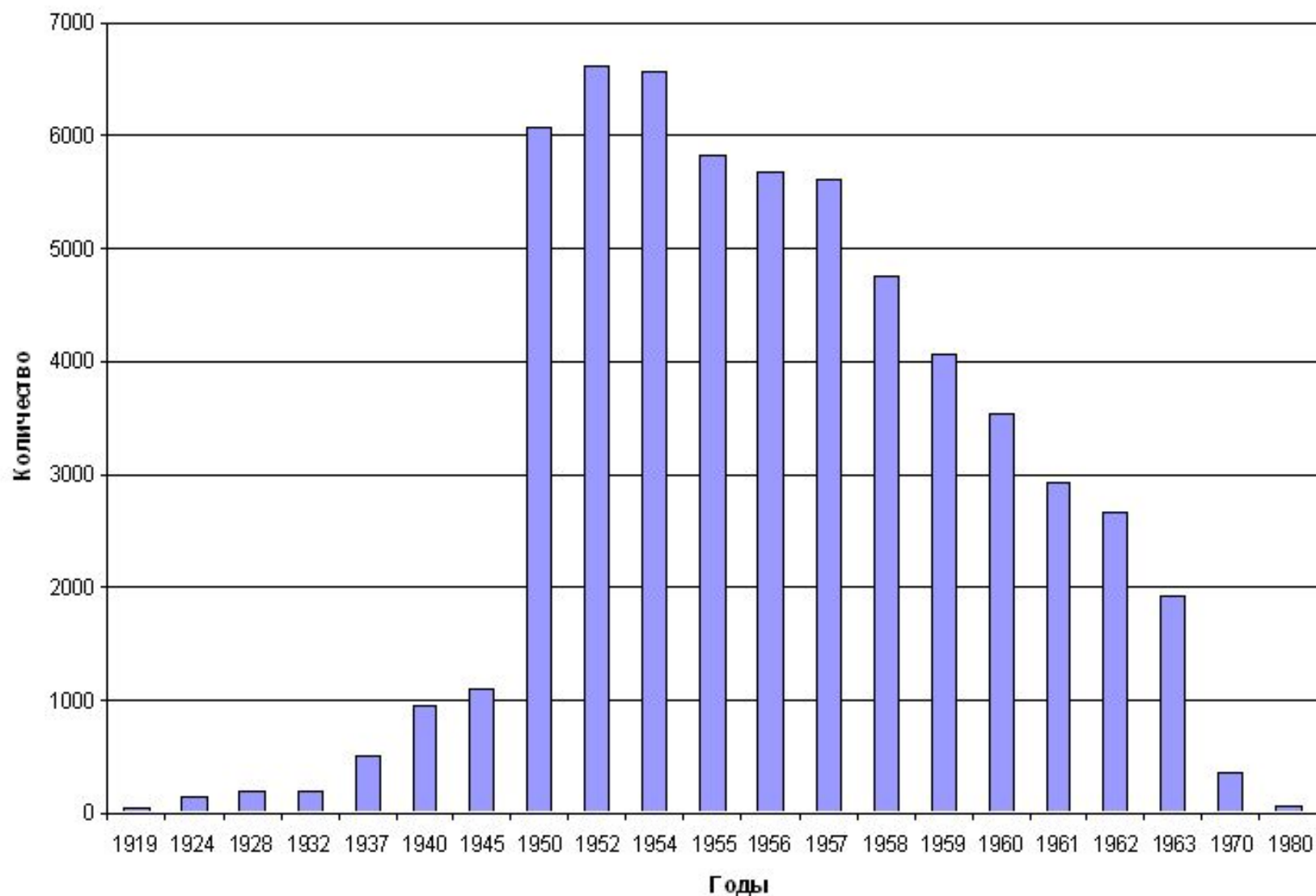


2. Лотковый

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



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)

V. Направления биоэнергетики



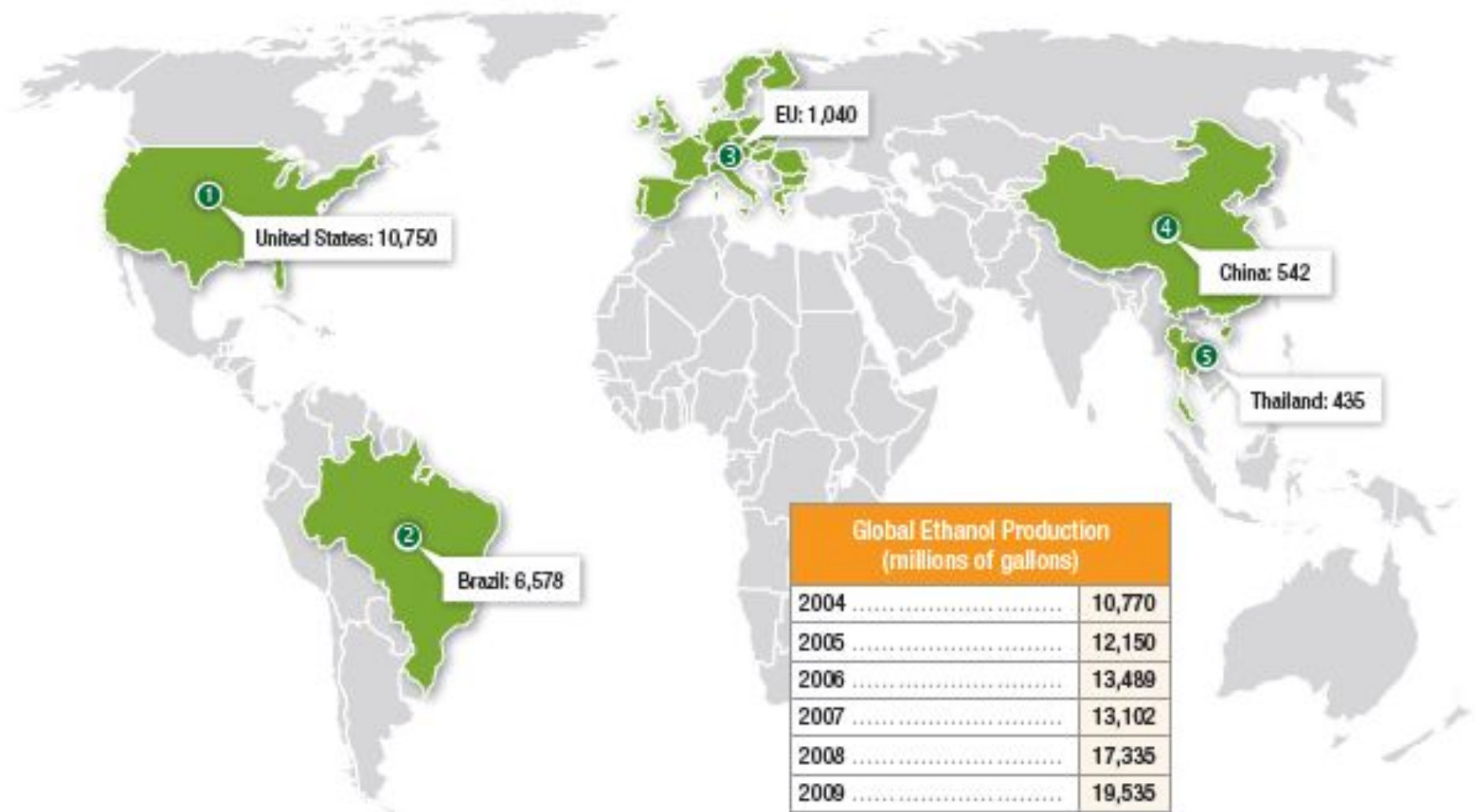
К основным **жидким биотопливом**, получаемым по современным технологиям, следует отнести:

- - **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 клостридиями. 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 клостридиями 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.*

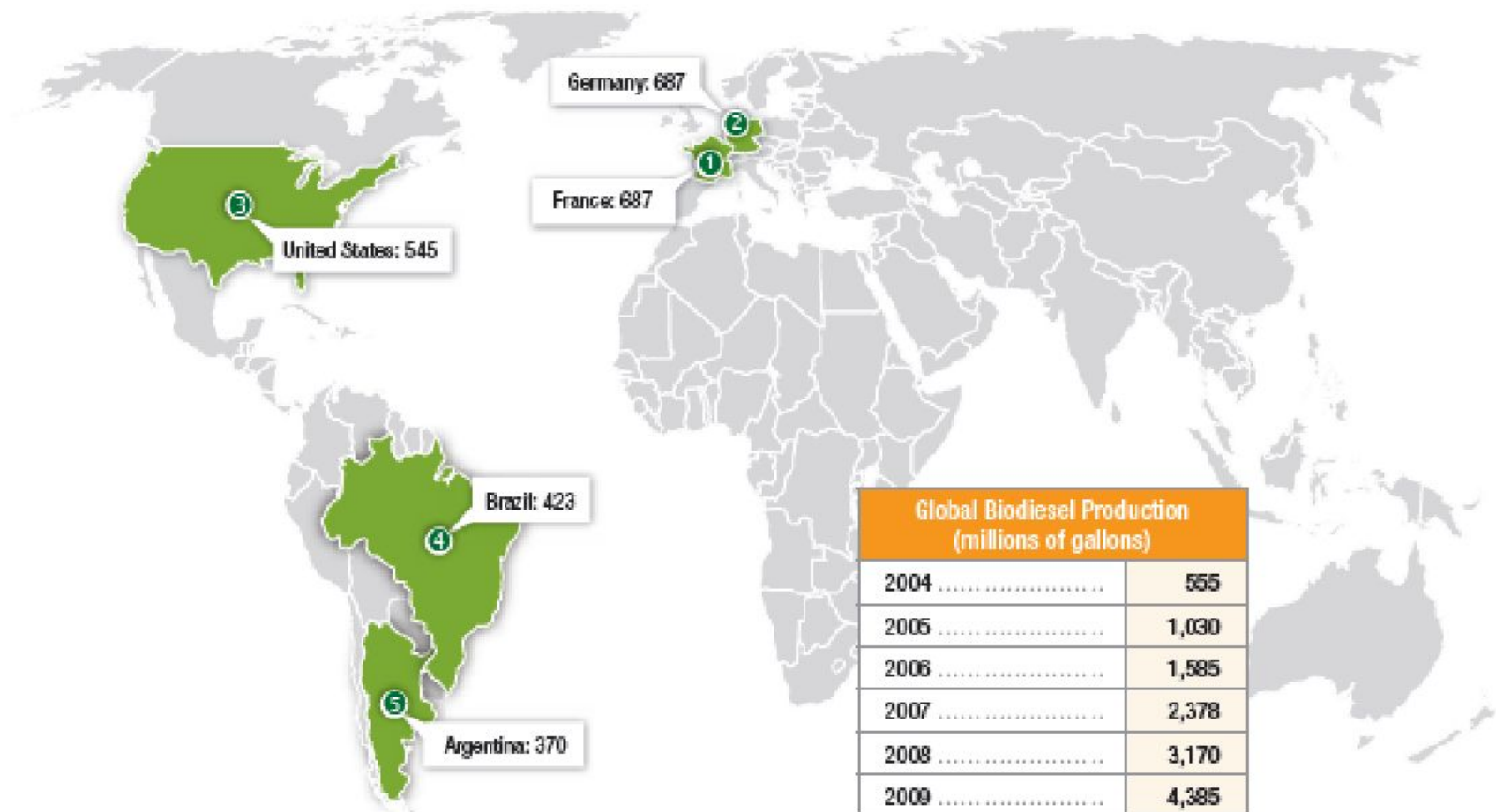
Global Ethanol Production

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).



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, трансэтерифи-
кация, гидропроцессинг

Термохимическая
конверсия биомассы

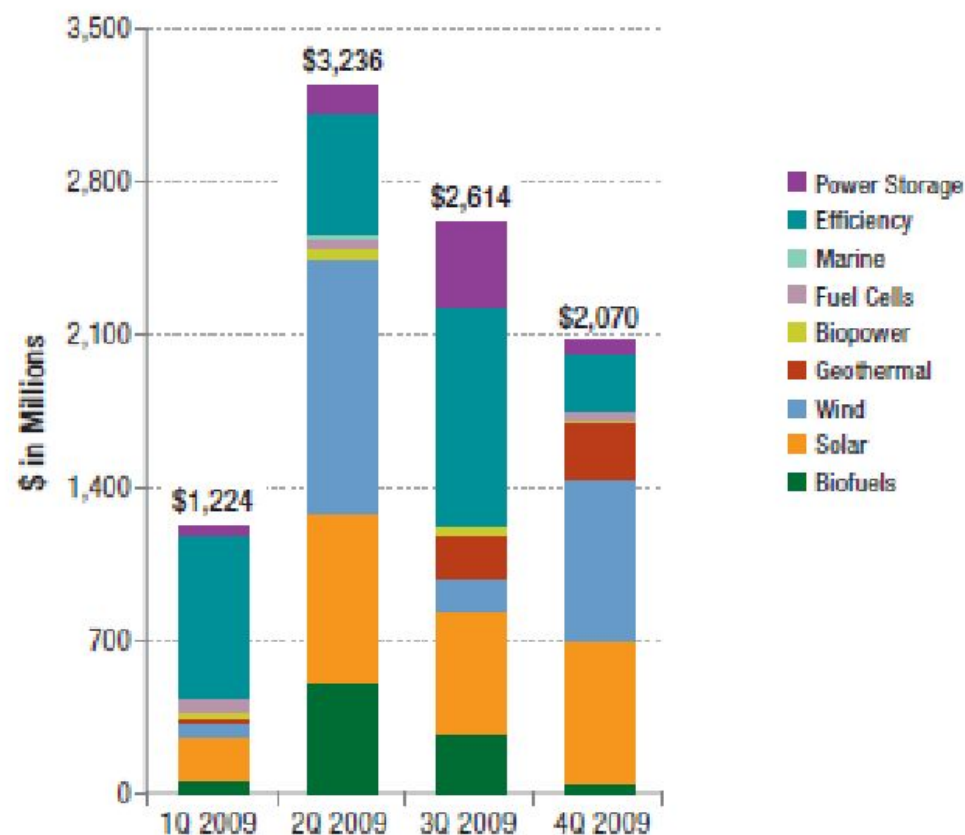
КОНЕЧНЫЙ ПРОДУКТ

Биоэтанол, биодизель,
авиационное топливо и др.

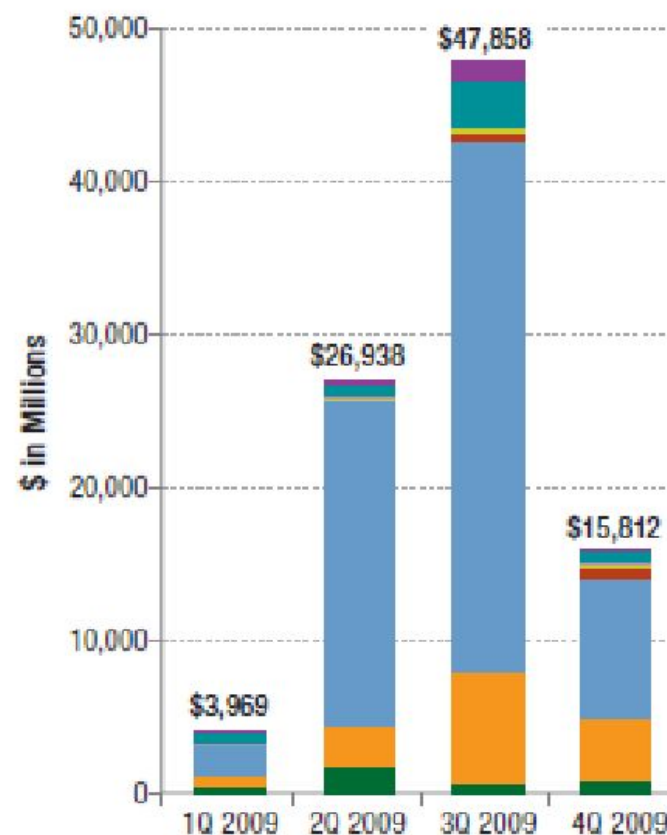
Жидкое биотопливо

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.

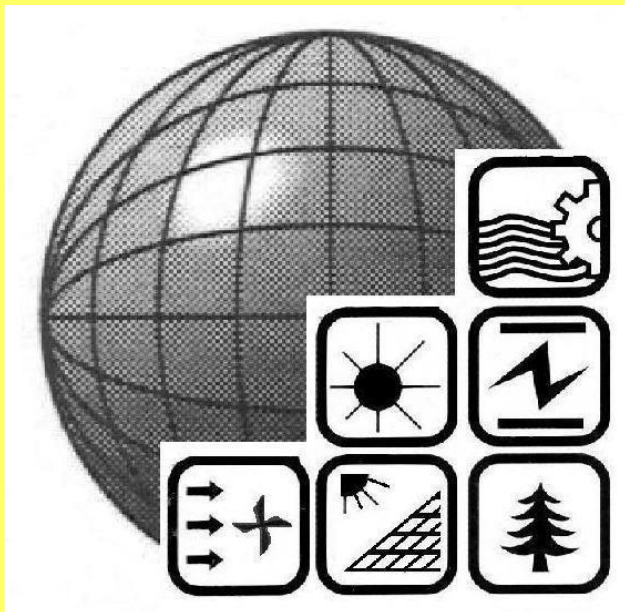
Includes VC/PE, public market activity, asset financing, and acquisition transactions.

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

+7 495 939-42-57