

# Лекция №11

Экологические ограничения  
использования невозобновляемых  
источников энергии

# Возобновляемые и невозобновляемые источники энергии на Земле

- Источники энергии на Земле делят на две большие группы: возобновляемые и невозобновляемые.
- К **возобновляемым** относят все виды энергии, непрерывно действующие в биосфере Земли: солнечную, ветровую, энергию океана и гидроэнергию рек.
- **Невозобновляемые** источники - ископаемые виды топлива, ядерная и термоядерная энергия.
- Энергетика, основанная на **невозобновляемых источниках**, приводит к дополнительному **нагреву** среды обитания. Эти виды источников называют иногда *добавляющими*; их энергия добавляется к энергии нагревания планеты, которая обеспечивается Солнцем.
- Использование **возобновляемых** источников энергии не приводит к дополнительному нагреванию планеты, поэтому такая энергия иногда называется **недобавляющей**.

- Забирая, например, солнечные лучи в энергетические установки, мы изымаем энергию из цикла ее нагревания, а затем после использования возвращаем планете в том же количестве в виде тепла.
- То же самое относится, например, к ветровой энергии и энергии океана: сколько взято из энергетического фона, столько и вернулось в среду обитания в виде тепла. **Недобавляющую** энергию можно назвать **безотходной**, **добавляющая** должна рассматриваться как **загрязняющая среду обитания**.
- Использование **невозобновляемой** энергии, например химической, ядерной, термоядерной и пр., в количестве, составляющем **всего 1%** той, которую получает Земля от Солнца, приведет к **увеличению** средней температуры **биосферы** примерно на **1°C**.
- Для сравнения: все мощнейшие по масштабам явления на поверхности Земли (движение воздушных потоков, циклоны, ураганы, извержения вулканов, процесс глобального фотосинтеза), как правило, **имеют суммарную энергию, не превышающую 1% энергии солнечного излучения**, падающего на поверхность планеты.

- Повышение средней температуры биосферы даже на 1°C ведет к **глобальным катастрофическим последствиям** как для климата Земли, так и для животного и растительного мира.
- Безопасный предел использования добавляющей энергии может составить не более **0,1%** мощности падающей на Землю солнечной энергии, т.е. около 100 млрд кВт.
- Сейчас земная цивилизация производит для своих нужд (промышленность, быт, транспорт) добавляющую энергию мощностью 10 млрд кВт - всего **в 10 раз меньше** допустимого предела.
- Уже многие десятилетия ежегодный прирост энергопроизводства составляет около **3% в год**. При сохранении такого темпа прироста добавляющей энергии допустимый предел будет достигнут **через 75 лет**.
- Существует единственный способ преодоления надвигающегося энергетического кризиса - масштабное **использование возобновляемых источников энергии**: солнечной, ветровой и др.
- Ветровая, все виды энергии океана, могут **без ущерба** для окружающей среды дать энергию, и несколько раз превосходящую вырабатываемую в мире сегодня.

- Главным фактором роста энергопроизводства является **рост численности населения и прогресс качества жизни**, который тесно связан с потреблением энергии на душу населения.
- Сейчас на каждого жителя Земли приходится около **2 кВт; энергии в день**, в то время как признанная **норма** качества жизни человека характеризуется мощностью **10 кВт-ч**, что достигнуто лишь в немногих развитых странах.
- В среднем в промышленно развитых странах потребление электроэнергии на душу населения **в 14 раз выше**, чем в развивающихся странах, хотя и различается между собой, например, на душу населения **в год** Норвегия потребляет 25 тыс. кВт ч, Швеция - 16 тыс., Франция - 6 тыс., Италия - 3 тыс., а Бангладеш — всею 46 кВт ч.
- Спрос на электроэнергию будет расти как в промышленно развитых странах, так и в развивающихся.

- Понятие **высокого качества жизни** характеризуется:
  - обеспеченностью чистыми продуктами питания,
  - чистым воздухом и водой,
  - обогреваемым зимой и охлаждаемым летом жильем,
  - личным и общественным транспортом,
  - бытовыми услугами и т.п.
- По данным института международного холода, на охлаждение, необходимое для хранения продуктов и кондиционирование воздуха используется **более 10%** мирового потребления электроэнергии. В некоторых странах в летнее время эта цифра превышает **25%** из-за пикового использования кондиционеров в полдень.
- Если все население Земли будет иметь душевое потребление 10 кВт, то при стабилизации энергопроизводства на уровне теплового барьера (10 млн. кВт) **численность** населения не должна превышать **10 млн человек**.
- Развитие энергетики на **невозобновляемом** топливе ставит жесткий предел численности населения. Но при сохранении существенно сейчас темпа прироста населения, который составляет около 2% в год, через 75 лет население Земли достигнет 20 млрд человек. Отсюда видно: уже сейчас надо думать о сокращении темпов прироста населения примерно вдвое, к чему цивилизация на современном этапе, видимо, готова.

- В перспективе человечество будет иметь дело с надвигающимся надвигающимся **энергодемографическом кризисом.**
- Радикальным способом избежать его можно развивая недобавляющую энергетику на возобновляемых источниках.
- При этом необходимость стабилизации численности населения по энергетическому критерию не будет столь угрожающей, так как открывается 10 -кратный резерв роста энергетики.
- В дальней перспективе имеются ограничения на развитие энергетики, которые поставлены физическими закономерностями и продолжающимся экспоненциальным **ростом населения и качества жизни.**
- В этих рамках следует рассмотреть, **как и в каких пропорциях между различными видами энергии развивать энергопроизводство** в настоящее время и в ближайшем будущем. Для этого необходимо принять во внимание **ряд природных ограничений.**

# Ископаемые энергетические ресурсы и сроки их использования

- Энергетические ресурсы принято характеризовать **числом лет**, в течение которых данного ресурса хватит для производства энергии на современном количественном уровне.
- Если оценивать количество топлива по всем категориям: разведанные, возможные и вероятные запасы, то угля хватит на 600 лет, нефти - на 90, природного газа - на 50 и урана (при применяемых сейчас реакторах на медленных нейтронах) - на 27 лет.

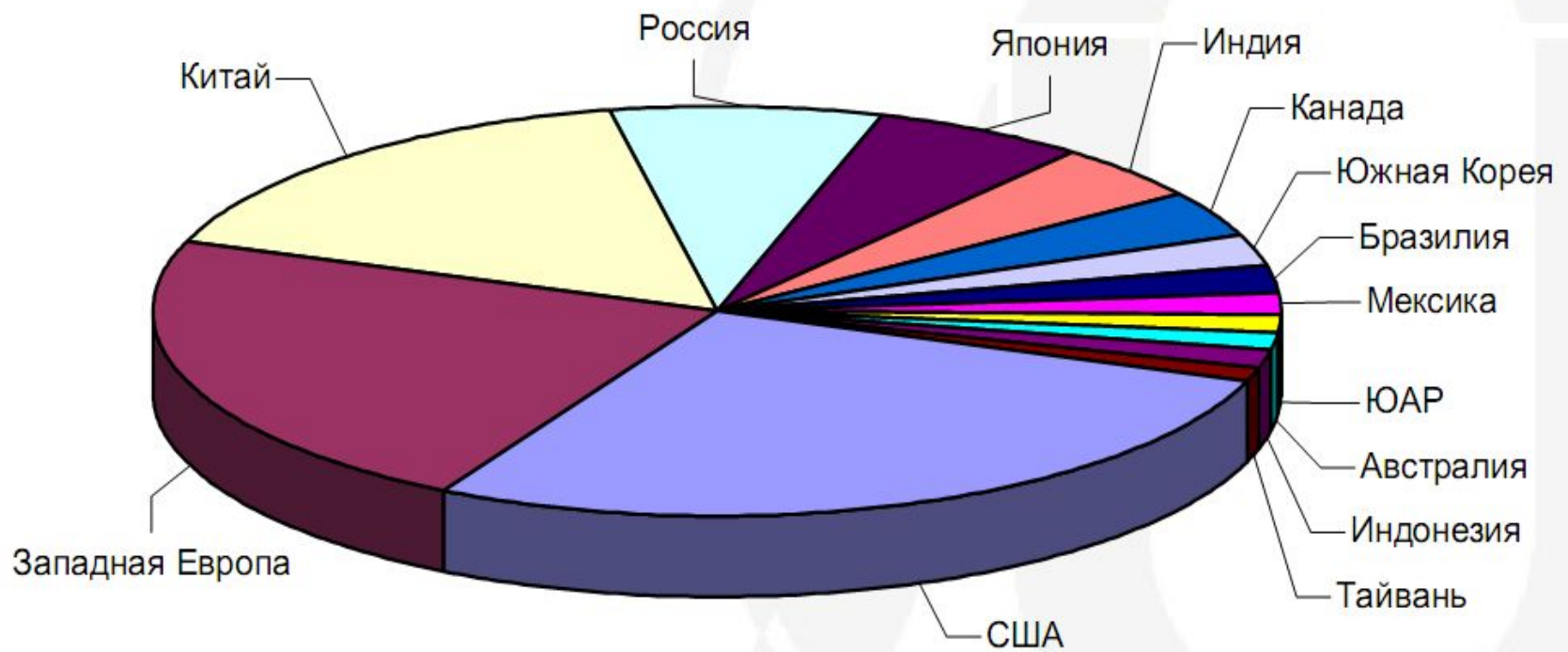
Следует обратить внимание на две особенности использования урана:

- В ближайшие 20-30 лет ядерная энергетика может внести заметный вклад только в выработку около 20% полной выработки энергии в мире.
- В современных реакторах на медленных (тепловых) нейтронах каждое «сгоревшее» ядро урана-235 порождает новые делящиеся ядра урана-233 или плутония-239 что увеличивает ресурсы ядерного топлива во много раз и служит вторичным топливом для реакторов, работающих на быстрых нейтронах.
- С учетом разведанных запасов урана все это означает, что если ядерная энергетика будет вырабатывать всю потребляемую ныне электроэнергию, то срок исчерпания природного урана увеличится до 60... 70 лет.



- Исходя из сказанного, **все виды** топлива во всех категориях будут **сожжены за 800 лет**.
- Если же расход будет вестись на уровне энергетики теплового барьера, то все сгорит **за 80 лет!**
- В действительности, видимо, энергопроизводство сначала в течение 75 лет будет расти до определенного барьера и далее останется на этом уровне.
- Тогда все виды используемого сейчас топлива будут истрачены **через 130 лет**, т.е. в начале XXII в.
- Если **доля** каждого вида топлива в общем энергобалансе будет **пропорциональна запасу**, то все они исчерпаются одновременно, т. е. каждого топлива хватит на 130 лет. При этом уголь должен обеспечивать 70% энергии, нефть - 11%, природный газ - 7%, гидроэнергия - 5%.
- Необходим ответ на вопрос, какие источники энергии и в какой мере целесообразно использовать сейчас и в ближайшие 25- 50 лет, пока будет создаваться возобновляемая энергетика.
- Для больших стран оптимальна среднегодовая пропорция использования видов топлива, при которой их исчерпание происходит одновременно.
- Следует учитывать, что ценность газа и особенно нефти как сырья для химической промышленности требует уменьшения их доли в энергобалансе. Эта тенденция неизменно прослеживается в США (1970 г. доля угля в энергобалансе равномерно возросла с 12,5 до 23, в России уменьшилась с 40 до 12%).

Доля стран/регионов в мировом потреблении энергии, 2004 г.:



**Структура энергопотребления крупнейших стран по видам первичного топлива в 2006 г. (Источник: «BP Statistical Review of World Energy, June 2007»)**

	Энергопотребление (млн.т н. э.)	Распределение (%)				
		<i>Нефть</i>	<i>Газ</i>	<i>Уголь</i>	<i>АЭС</i>	<i>ГЭС</i>
<b>США</b>	2326	<b>40,4</b>	24,4	24,4	8,0	2,8
<b>Китай</b>	1698	20,6	3,2	<b>70,2</b>	0,7	5,5
<b>Россия</b>	705	18,2	<b>55,2</b>	16,0	5,0	5,6
<b>Япония</b>	520	<b>45,2</b>	14,6	22,9	13,2	4,1
<b>Индия</b>	423	28,4	8,4	<b>56,2</b>	1,0	6,0
<b>Германия</b>	329	<b>37,5</b>	23,9	25,1	11,6	1,9
<b>Канада</b>	322	<b>30,7</b>	27,0	10,8	6,9	24,6
<b>Франция</b>	263	35,3	15,5	5,0	<b>38,9</b>	5,3
<b>Великобритания</b>	227	<b>36,3</b>	<b>36,1</b>	19,3	7,5	0,8
<b>Респ. Корея</b>	226	<b>46,6</b>	13,7	24,3	14,9	0,5
<b>Бразилия</b>	207	<b>44,6</b>	9,2	6,3	1,5	38,4
<b>Италия</b>	182	<b>47,0</b>	38,1	9,5	-	5,3
<b>Иран</b>	179	44,4	<b>52,9</b>	0,6	-	2,1
<b>Сауд. Аравия</b>	159	<b>58,3</b>	41,7	-	-	-
<b>Мексика</b>	154	<b>56,4</b>	31,6	6,0	1,6	4,4
<b>Испания</b>	146	<b>53,6</b>	20,6	12,6	9,3	3,9
<b>Украина</b>	138	10,9	<b>43,4</b>	28,8	14,8	2,1
<b>Австралия</b>	121	33,4	21,3	<b>42,3</b>	-	3,0
<b>ЮАР</b>	120	19,3	-	<b>78,0</b>	2,0	0,7
<b>Индонезия</b>	114	<b>42,6</b>	31,2	24,2	-	2,0
<b>Тайвань</b>	114	<b>46,2</b>	9,5	34,8	7,9	1,6

**Табл. 1. Структура мирового топливно-энергетического баланса**

	млн т н.э.		%		рост, % в год
	2007	2030	2007	2030	2007–2030
Нефть	4045	4902	36,4	31,0	0,8
Уголь	3129	4438	28,2	28,1	1,5
Газ	2479	3808	22,3	24,1	1,9
Атомная энергия	736	1065	6,6	6,7	1,6
Гидроэнергия	268	448	2,4	2,8	2,3
Биомасса	394	840	3,5	5,3	3,4
Другие виды ВИЭ	59	303	0,5	1,9	7,4
Всего	11109	15804	100	100	1,5

Источник: World Oil Outlook 2009

## *Экологические ограничения использования невозобновляемых источников энергии*

- Наряду с истощением запасов полезных ископаемых невозобновляемая энергетика имеет отрицательные экологические последствия, к основным из которых следует отнести:
  - тепловое загрязнение атмосферы;
  - повышенный расход атмосферного кислорода транспортом и энергоустановками;
  - загрязнение окружающей среды вредными выбросами;
  - опасность возникновения техногенных катастроф.

# Тепловое загрязнение атмосферы

- Основным источником теплового загрязнения Земли является **теплоэнергетика**, т.е. получение необходимых видов энергии путем преобразования теплоты, выделенной при сгорании ископаемых энергоносителей. В результате в атмосферу выбрасывается такое количество **теплоты**, которая изменяет ее температурный режим.
- При ежегодном росте производства энергии **на 6%** в середине XXI в. начнется стабильное повышение средней планетарной температуры воздуха в атмосфере.
- Тепловое загрязнение атмосферы приводит к возникновению **«островов теплоты»**, они характеризуются мощной концентрацией энергии при ее производстве с температурой воздуха внутри на 1-4°C больше температуры воздуха вокруг них, что приводит к увеличению облачности, которая сопровождается повышением интенсивности выпадающих осадков (в том числе и кислотных дождей), а в совокупности с продуктами сгорания и образованию влажного смога (типа лондонского).

## Загрязнение биосферы продуктами сгорания

- Энергетика на угле и нефти наносит вред природе и человеку вследствие выбросов летучей золы, сернистого газа, окислов азота и некоторых углеводородов.
- Химические примеси, попавшие в атмосферу, переносятся на значительные расстояния от источника загрязнения, частично удаляясь под воздействием природных процессов: выпадения (происходит под воздействием гравитационных сил) и вымывания (при образовании облаков, туманов и выпадении атмосферных осадков).
- Концентрация примесей в воздухе среднего по численности населения города в **20** раз выше, чем над сельской местностью, и в **150** раз выше, чем над океаном.
- Первичные примеси, находясь в атмосфере, образуют вторичные примеси, наиболее опасными в экологическом отношении являются **кислотные дожди и смог**.
- Отечественные ТЭС, дают более **27% всех промышленных выбросов в стране, в том числе 60% оксидов азота и 45% оксидов серы**. Это приводит к выпадению кислотных дождей, а значит, к окислению почв и пресноводных водоемов, гибели части флоры и фауны. Окислы азота очень опасны и для человека.
- **Зола** — пылевидные частицы осадочных пород земли (песок, глинозем и др.), включенные в уголь, как и любая порода, содержит разнообразные **металлы и естественные радионуклиды**.

- При сжигании угля зола концентрация металлов в ней больше, чем их добывается из недр Земли, например, магния - в 1,5 раза, молибдена - в 3, мышьяка - в 7, урана и титана - в 10, алюминия, йода и кобальта - в 15, ртути - в 50 раз, лития, ванадия, стронция, бериллия, циркония - в сотни раз, галлия и германия - в тысячи раз.
- Мощными загрязнителями окружающей среды становятся золошлаковые отвалы и сточные воды ТЭС. Сейчас выход золы и шлака в России на ТЭС превышает 100 млн т в год; под золоотвалы отчуждено более 300 км<sup>2</sup> земель, часто весьма ценных для сельского хозяйства.
- Очистки газов, отходящих от ТЭС требует дополнительных затрат, составляющих 20-30% стоимости угольных электростанций.
- Для снижения мощности выбросов химических примесей в атмосферу наиболее широко используют следующие три метода:
  - замену экологически вредных топлив экологичными;
  - сжигание топлив по специальной технологии;
  - очистку выбросов.



## Замена экологически вредных топлив экологичными

- Заключается в использовании топлива с более низким баллом загрязнения атмосферы или предварительной обработкой его перед сжиганием.

- Для сравнения степени вредности для человека выбрасываемых в атмосферу веществ введен **суммарный показатель загрязнения атмосферы в баллах для:**

- сланцев - 3,16,

- подмосковного угля - 2,02,

- экибастузского угля - 1,85,

- березовского угля - 0,50,

- природного газа - 0,04.

Природный газ занимает в энергетическом **балансе мира** около **19%**. В **нашей стране** обеспеченность газом **вдвое выше**, чем в среднем по всему миру. При уровне нынешней мощности 1 млрд кВт это может обеспечить всю энергетику нашей страны **на 90 лет**. А если принять долю газа в общем энергетическом балансе страны за 40% (сейчас 30%), то его хватит на 225 лет! (КПД у парогазовых установок 52% - выше, чем и у ТЭС и у АЭС, а строительство их обходиться в 2,5 раза дешевле).

- Топливо предварительно обрабатывают для удаления серы из углей, содержащих **более 3% серы**. В США, например, более 50% углей для ТЭС подвергают предварительной очистке, а в Норвегии в 1978 г. был принят закон, в соответствии с которым могут применяться угли с содержанием серы **менее 1%**.

## Экологические ограничения использования атомной энергетики

- В атомной энергетике выделяют два направления получения энергии:
  - деление атомных ядер тяжелых элементов, т.е. ядерная энергетика;
  - синтез ядер легких элементов, т.е. термоядерная энергетика.
- Более 17% от общей мировой выработки электроэнергии приходится на АЭС, при этом:
  - во Франции - 74,6%,
  - в Бельгии - 66%,
  - в Южной Корее - 53%,
  - в Швеции - 50%,
  - в Венгрии - 39%,
  - в Финляндии - 37%.
  - в Японии - 29%,
  - в Великобритании и США - по 18%
  - в России - около 12%
- С точки зрения экологической безопасности АЭС имеют следующие существенные недостатки:
  - непрерывное облучение населения малыми дозами;
  - загрязнение окружающей среды искусственными радионуклидами;
  - сильное тепловое воздействие на окружающую среду, особенно на естественные водоемы;
  - необходимость длительного хранения на территории АЭС ядерного топлива, а затем переработки и захоронения высокотоксичных радиоактивных отходов.

Кроме того:

- Большинство АЭС размещено вблизи крупных городов и в местах, где наблюдаются разломы земной коры;
- на сооружение АЭС требуется затратить примерно 25% электроэнергии того объема, который затем АЭС выработает за 25-30 лет своей работы, а далее возникает весьма сложная проблема демонтажа и захоронения реакторов;
- по подсчетам экономистов, электроэнергия, выработанная на АЭС, в 3 раза дороже, чем выработанная на ТЭС, работающей на природном газе.
- К естественным нуклидам живой мир эволюционно приспособился, они не концентрируются в растениях и животных. Растения имеют в 10-100 раз меньшую концентрацию естественных радионуклидов, чем в среднем в почве.
- В своей жизнедеятельности растения и животные усваивают кальций и калий, которые по химическим свойствам эквивалентны радиоактивным нуклидам ядерного цикла стронцию-90 и цезию-137, усваиваемыми растениями и животными. В результате их концентрация в некоторых сельскохозяйственных растениях превышает концентрацию в зараженной почве в 70-100 раз.
- При радиоактивном заражении воды рыбы и водяные растения накапливают опасные радионуклиды до концентрации, в десятки и сотни тысяч раз превышающей их концентрацию в воде. Радионуклиды ядерной энергетики попадают через пищевой цикл внутрь тела человека, накапливаясь там и создавая самое опасное внутреннее облучение.

- Получение тепловой энергии в ядерном реакторе происходит в результате деления ядер тяжелых элементов, таких как уран-235 и плутоний-239.
- Коэффициент использования топлива составляет около 5%, остальное идет в отходы.
- Годовая выгрузка отработанного ядерного топлива из реакторов, используемых в мире, составляет более 10 тыс. т, из которых 100 т — масса особо опасных отходов, в том числе около 8 т в России.
- Сброс тепла в окружающую среду от АЭС в 1,5-1,8 раз больше, чем от ТЭС.
- Наибольшую опасность представляет охлаждающая АЭС вода, сбрасываемая в водоемы при температуре 40-45°C, что приводит к изменению теплового режима рек и озер и, как следствие, к гибели водных организмов.
- Усилия мирового сообщества концентрируются на совершенствовании ядерных реакторов, повышении их безопасности, а также решении проблемы захоронения отходов АЭС.
- Основным направлением в обеспечении безопасности АЭС является их размещение под землей, вместо защиты их реакторов прочными оболочками. Мировой положительный опыт в этом плане уже накоплен, поскольку под землей были размещены ядерные реакторы в Красноярске-26 (Россия), Чузе (Франция), Халдене (Норвегия), Агесте (Швеция), Луцерне (Швейцария), Гамболдте (США).

- Нравственные, экологические, ресурсные, социальные императивы требуют немедленного развития и использования солнечной, ветровой, океанической и др. энергий.
- Необходимо середине XXI в. довести мировое энергопроизводство за счет возобновляемой энергии, хотя бы до уровня, сравнимого с сегодняшним мировым энергопроизводством.
- Только создание **глобальной программы** по использованию возобновляемых источников энергии, аналогичной космической или атомной программе, может дать успех, направленный на выживание человечества.

# Систематика возобновляемых ресурсов в России





Рис. 8.1. Классификация альтернативных источников энергии

### 8.5.2. Гидроэнергетика

- Несмотря на полезность, а зачастую и перспективность использования этих видов энергии, почти все они имеют вредные, а нередко и катастрофические (гидроэнергетика) последствия.
- Поэтому выбор энергетики будущего - это очень сложный и противоречивый процесс, который в немалой степени повлияет на судьбы человечества.





WWW.RUSHYDRO.RU

## Проекты ОАО «РусГидро» в области возобновляемой энергетики (без учета «больших ГЭС»)

Воркутинский ЭТК (8 МВт)

Кислогубская  
экспериментальная  
ПЭС (1,5 МВт)

Северная ПЭС (12 МВт)

Мезенская ПЭС  
(8 000 МВт)

Калмыцкая  
экспериментальная  
ВЭС (1 МВт)

- Мутновская ГеоЭС-2 (50 МВт),
- Блок на вторичном паре на Мутновской ГеоЭС (12 МВт)
- Бинарный блок на Паужетской ГеоЭС (2,5 МВт)

Теплоснабжение г. Елизово  
геотермальных источников  
(75 Гкал/час)

- Мутновская ГеоЭС (50 МВт),
- Верхне-Мутновская ГеоЭС (12 МВт)

Тугурская ПЭС (3 640 МВт)

ВЭС на о. Русский (36 МВт)

Ветропарк «Нижняя Волга» (1 ГВт)

Калмыцкая ВЭС (24 МВт)

проекты

действующие объекты



## Возобновляемая энергетика: предпосылки и результаты





## Возобновляемая энергетика: мировые тенденции

Рост мировой энергетики на основе ВИЭ и увеличение доли ВИЭ без учета крупных ГЭС > 25 МВт

ВИЭ (с учетом крупных ГЭС)

