



**ООО ГеоИнноТех**

проф. Москаленко А.П., проф. Кувалкин А.В.,  
проф. Ревунов Р.В

---

**Лаборатория эколого-  
экономических системных  
исследований**

## **Технико-экономический анализ схемы развития и размещения объектов электроэнергетики до 2030 г.**

Финальный доклад лаборатории эколого-экономических системных исследований ООО ГеоИнноТех для экспертной комиссии программы TESIS

Санкт-Петербург, 23 октября 2011 г.

# Документы, определяющие развитие электроэнергетики

Согласно Постановлению Правительства РФ от 17 октября 2009 года № 823 к документам, определяющим развитие электроэнергетики, относятся:

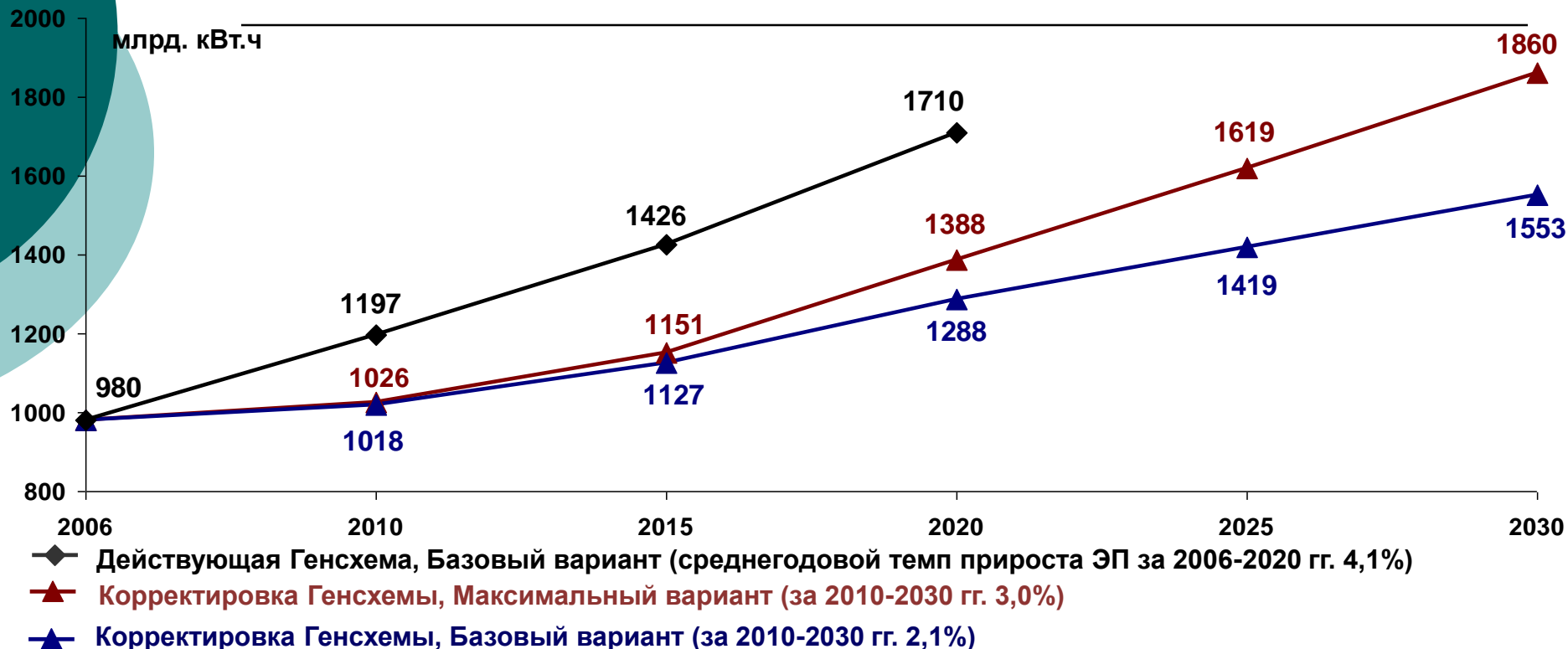
- Энергетическая стратегия России (горизонт планирования – 20 лет)
- Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики (15 лет)  
  
(3 июня 2010 г. новая Генеральная схема в основном одобрена на заседании Правительства Российской Федерации. В настоящее время доработанная Генеральная схема находится на утверждении в Правительстве Российской Федерации)
- Схема и программа развития Единой энергетической системы России (7 лет)
- Схемы и программы развития электроэнергетики субъектов РФ (5 лет)

# Принципы и идеи развития электроэнергетики, заложенные в корректировку Генеральной схемы

---

- 1. Переход от приоритетов по максимальному развитию АЭС и ГЭС к экономическим критериям по оптимизации структуры мощностей**
- 2. Опережающее развитие сетевой инфраструктуры**
- 3. Одновременное развитие крупных системообразующих электростанций включая электрические сети и распределенной генерации**
- 4. Сохранение незначительного опережения темпов развития угольной генерации по сравнению с газовой генерацией**
- 5. «Принудительная» модернизация**
- 6. Переход от раздельного производства электроэнергии, тепла и холода преимущественно к их когенерации и тригенерации**
- 7. Инновационное развитие. Определение перспективных технологий и создание демонстрационных объектов. Развитие отечественного энергомашиностроения**

# Прогнозная динамика электропотребления

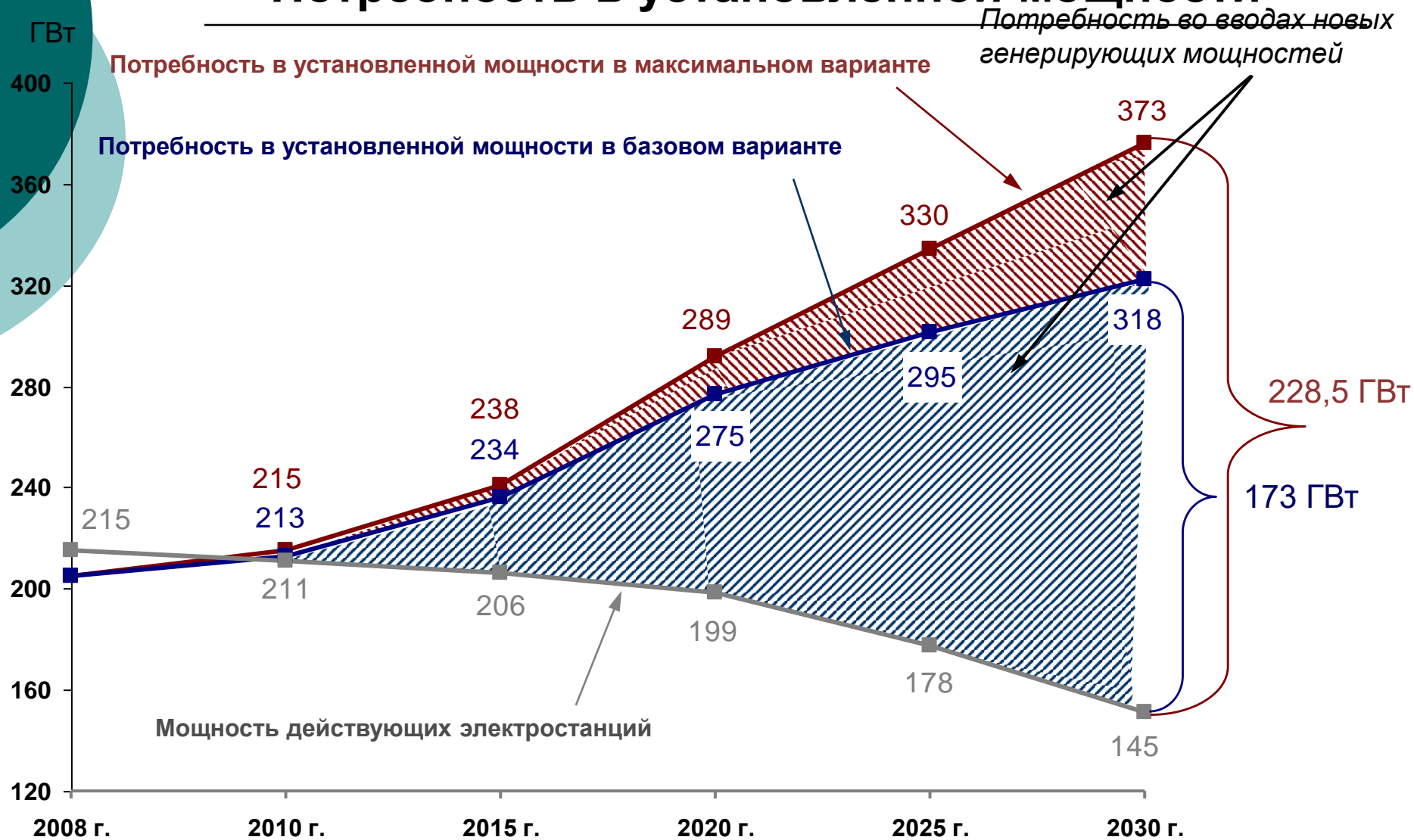


Удельное электропотребление в бытовом и коммерческом секторах на душу населения, кВт.ч/чел

	2010 г.	2030 г.
<b>Россия</b>	<b>1970</b>	<b>2880</b>
<b>США</b>	<b>8840</b>	<b>9450</b>
<b>Западная Европа</b>	<b>3800</b>	<b>4800</b>

Разрыв показателя снижается:  
с США с 4,5 до 3,3 раза  
с Западной Европой с 1,9 до 1,7 раза

# Потребность в установленной мощности



## Принципы, предлагаемые для вывода из эксплуатации физически изношенного и морально устаревшего оборудования ТЭС

2010-2020 годы	2021-2030 годы
<p>Предложения энергокомпаний по выводу из эксплуатации оборудования. В основном выводятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- не имеющие загрузки по теплу турбины «Р»</li> <li>- отдельные неэкономичные газомазутные турбоагрегаты с параметрами 13 МПа и ниже</li> <li>- турбоагрегаты находящиеся в консервации</li> </ul>	Агрегаты с начальными параметрами пара 9 МПа и ниже, работающие на газе, по которым решены вопросы тепло - и электроснабжения потребителей
	Генерирующее оборудование старше 50 лет в районах, по которым решены вопросы тепло- и электроснабжения потребителей
	Паросиловое оборудование на газе 13 МПа и выше, выработавшее свой ресурс

### Суммарные объемы вывода из эксплуатации оборудования ТЭС и АЭС, ГВт

	2010-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2010-2030
<b>Вывод из эксплуатации, всего</b>	7,7	9,6	23,3	27,1	<b>67,7</b>
в т.ч.: АЭС	0,2	3,8	4,6	7,9	<b>16,5</b>
ТЭС	7,5	5,8	18,7	19,2	<b>51,2</b>

## Основные принципы модернизации и развития энергетики

### Основные принципы модернизации и развития энергетики в 2010-2030 годы

- Переход на парогазовый цикл, вывод из эксплуатации устаревшего паросилового оборудования. Освоение выпуска газовых турбин мощностью 65-350 МВт и ПГУ на их основе 400-1000 МВт
- Переход на чистые угольные технологии (в т.ч. на угольные энергоблоки мощностью 330 и 660 МВт на суперсверхкритических параметрах пара, ПГУ с газификацией угля)
- Развитие систем когенерации, в том числе малой мощности (распределенной генерации) на базе ГПУ-, ГТУ-, ПГУ-ТЭЦ
- Минимизация типоразмерного ряда оборудования, модульные поставки, типовое проектирование
- Создание интеллектуальной сети (SMART GRID). На первом этапе развитие электрических сетей на базе цифровых технологий, систем постоянного тока, гибких систем переменного тока с устройствами векторного управления.
- Применение в крупных городах распределительных сетей большой пропускной способности на основе высокотемпературных сверхпроводниковых технологий

### Суммарные объемы вводов генерирующих мощностей, ГВт

	2010-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2010-2030
Максимальный вариант	41,3	50,4	67,0	69,8	<b>228,5</b>
Базовый вариант	41,3	38,6	43,1	50,4	<b>173,4</b>

## Демонстрационные проекты для ТЭС на природном газе

---

**В 2011-2015 необходимо реализовать демонстрационные (пилотные) проекты :**

- Разработка и освоение отечественных ГТУ мощностью 65—270—350 МВт и ПГУ на их основе с КПД 60% мощностью дл 1000 МВт.  
Срок освоения – 2015 год
- Разработка и освоение модульных одновальных ПГУ-ТЭЦ мощностью 40—100—170 МВт и удельной выработкой на тепловом потреблении 1200—1500 кВтч/Гкал с коэффициентом использования топлива 85—86%.  
Срок освоения – 2015 год
- Разработка и освоение тепловых насосов и типовых технических решений по использованию возобновляемых источников низкопотенциального тепла с коэффициентом преобразования 4—5 в системах теплоснабжения.  
Срок освоения – 2012—2014 гг.

**Демонстрационные проекты предусмотрены в Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики на период до 2030 г.**

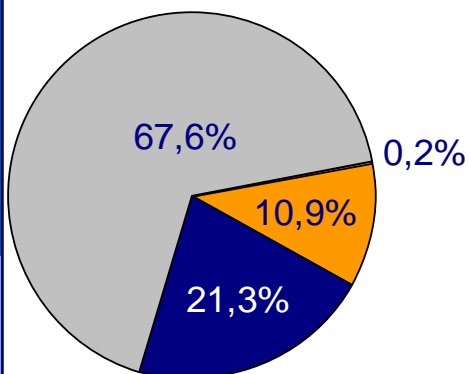


## В 2011-2020 необходимо реализовать демонстрационные (пилотные) проекты :

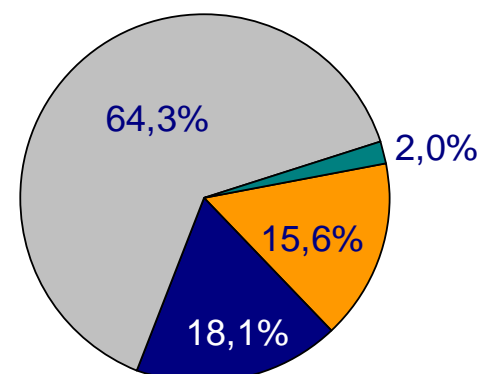
Наименование технологии	Место внедрения	
Угольный блок Нэл.=660 МВт на суперкритические параметры пара	Татауровская ГРЭС Ерковецкая ГРЭС	
2. Угольный блок Нэл.=330 МВт на суперкритические параметры пара	Алтайская КЭС (ТЭЦ-22 Мосэнерго)	
3. Угольный блок Нэл.=900-1000 МВт на КАУ на суперкритические параметры пара	Берёзовская ГРЭС, блок № 4	
4. Современные технологии газоочистки по улавливаю SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , золовых частиц для действующих угольных блоков 200-800 МВт (снижение NO <sub>x</sub> <200 мг/м <sup>3</sup> , SO <sub>2</sub> <200 мг/м <sup>3</sup> , зол.част. < 10-30 мг/м <sup>3</sup> )	Рефтинская ГРЭС, Троицкая ГРЭС, Новочеркасская ГРЭС, Черепетская ГРЭС, Каширская ГРЭС, Верхне-Тагильская ГРЭС	
5. Угольный блок с ЦКС мощностью 330 МВт на СКД параметрах пара	Новочеркасская ГРЭС	
6. Опытно-промышленная ПГУ с газификацией углей Нэл.=200 МВт для выработки электроэнергии и тепла	(ТЭЦ-17 Мосэнерго)	
7. Опытно-промышленная ПГУ с газификацией углей Нэл.=20 МВт для выработки электроэнергии и тепла	КЭС, Закамская ТЭЦ	
8. Опытная энергетическая установка Нэл.=50 МВт с улавливанием CO <sub>2</sub> из цикла и его последующим захоронением	На одной из ТЭС Поволжья, вблизи расположения нефтепромыслов	

# Структура установленной мощности и выработки электроэнергии (базовый вариант)

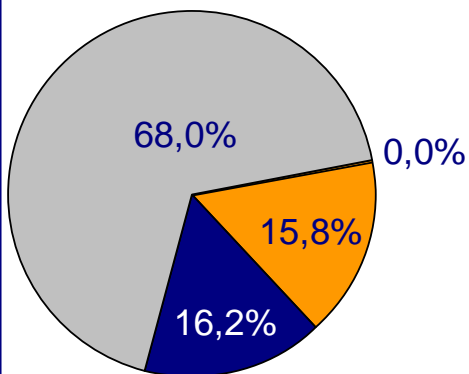
## Структура установленной мощности



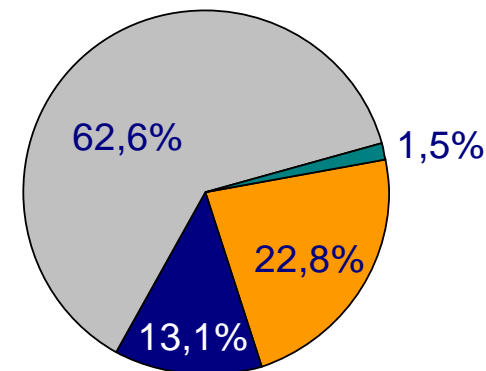
2008 г.	ГВт	2030 г.
23,5	<b>АЭС</b>	50,5
45,9	<b>ГЭС</b>	58,6
145,3	<b>ТЭС</b>	208,3
0,4	<b>ВИЭ</b>	6,4
<b>215,1</b>		<b>323,8</b>



## Структура выработки электроэнергии



2008 г.	млрд кВт.ч	2030 г.
162,3	<b>АЭС</b>	370,5
166,2	<b>ГЭС</b>	212,7
698,9	<b>ТЭС</b>	1018,2
0,4	<b>ВИЭ</b>	25,2
<b>1027,8</b>		<b>1626,6</b>

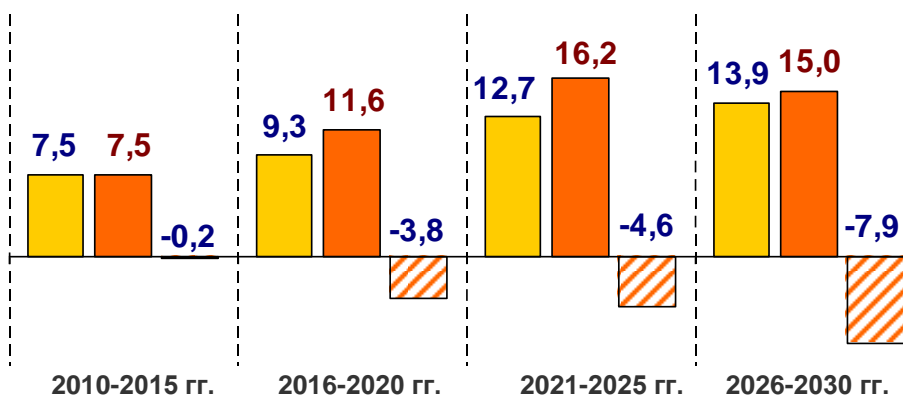


# Развитие атомной электроэнергетики

## Динамика развития атомной генерации



## Программа вводов и выводов (ГВт)



**Ввод за 2010-2030 гг., всего:**

**Базовый вар. 43,4 ГВт    Максим. вар. 50,3 ГВт**

## География вводов

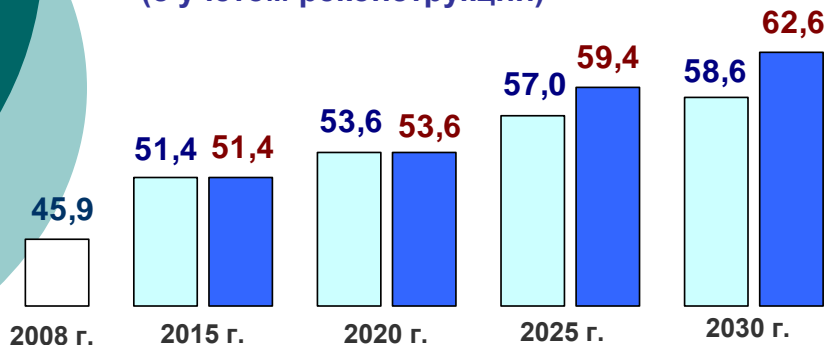


## Перечень выводов из эксплуатации

наименование АЭС	год вывода блоков из эксплуатации
АЭС ФГУП ГХК	2010
Нововоронежская АЭС	2016, 2017, 2021-2025
Кольская АЭС	2018, 2019, 2026-2030
Ленинградская АЭС	2018, 2020, 2021-2025, 2026-2030
Билибинская АЭС	2019, 2020, 2021-2025
Белоярская АЭС	2021-2025
Курская АЭС	2021-2025, 2026-2030
Смоленская АЭС	2026-2030
Калининская АЭС	2026-2030
Балаковская АЭС	2026-2030

# Развитие гидроэнергетики

Динамика развития ГЭС-ГАЭС  
(с учетом реконструкции)



Установленная мощность (ГВт)

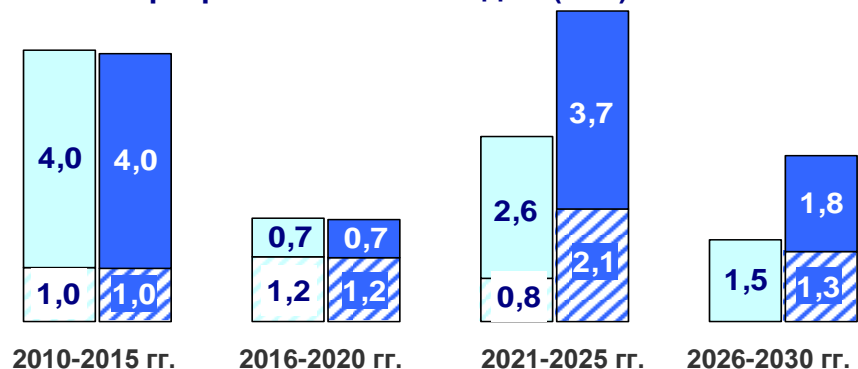
Базовый вариант

Максимальный вариант

География вводов



Программа новых вводов (ГВт)



**Ввод за 2010-2030 гг., всего:**

Базовый вар. 11,8 ГВт

Максим.вар. 15,8 ГВт

ГЭС +8,8 ГВт

ГЭС +10,2 ГВт

ГАЭС +3,0 ГВт

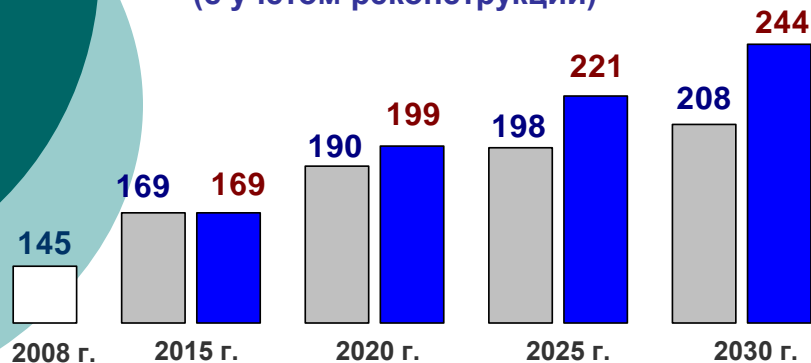
ГАЭС +5,6 ГВт

Перечень наиболее крупных вводов

наименование ГЭС-ГАЭС	мощность на 2030 г.
Ленинградская ГАЭС	1560 МВт
Загорская ГАЭС 2	840 МВт
Центральная ГАЭС	2600 МВт
Мокская ГЭС	1200 МВт
Богучанская ГЭС	3000 МВт
Первая ГЭС Нижне-Ангарского каскада	1082 МВт
Усть-Среднеканская ГЭС	570 МВт
Канкунская ГЭС	1200 МВт

# Развитие теплоэнергетики

Динамика развития ТЭС  
(с учетом реконструкции)

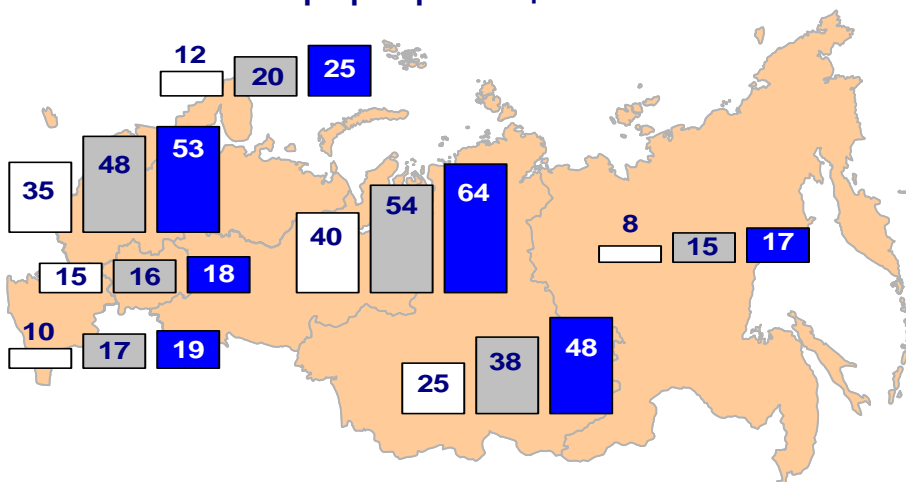


Установленная мощность (ГВт)

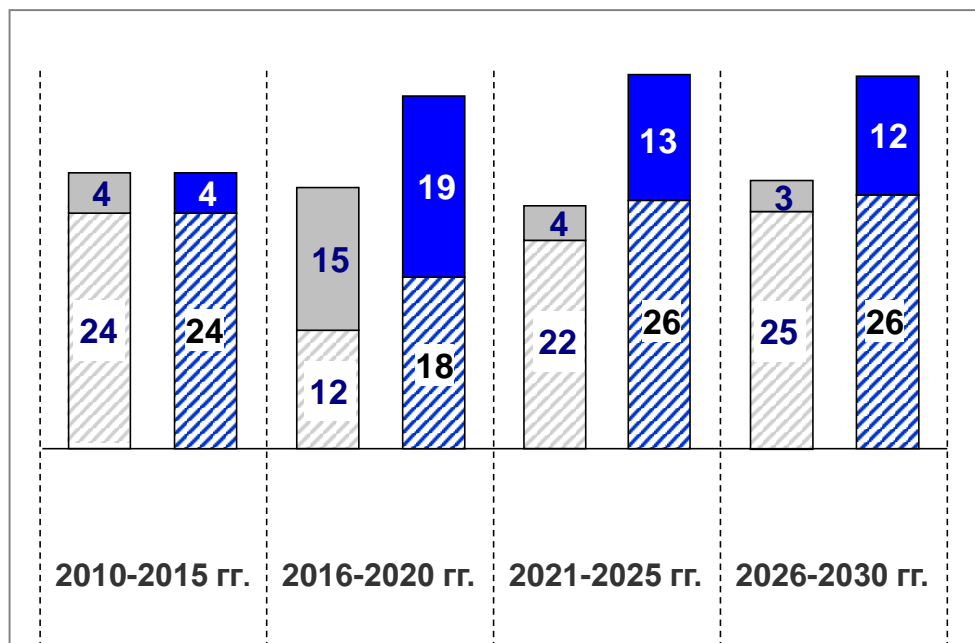
Базовый вариант

Максимальный вариант

География размещения ТЭС



Программа новых вводов и выводов (ГВт)



Ввод за 2010-2030 гг., всего:

Базовый вар. 109 ГВт

Максим. вар. 142 ГВт

ТЭС на угле 26 ГВт

ТЭС на угле 48 ГВт

ТЭС на газе 83 ГВт

ТЭС на газе 94 ГВт

# Развитие распределенной генерации

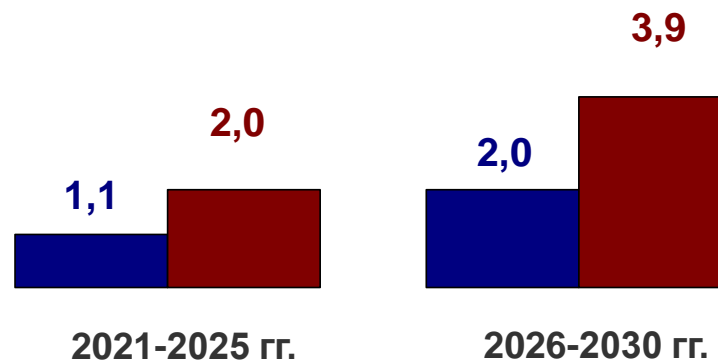
- Потребность во вводах генерирующих мощностей состоит из вводов большой (общесистемной) и распределенной генерации
- К распределенной генерации относятся тепловые электростанции мощностью до 25 МВт и возобновляемые источники энергии (ВИЭ), расположенные в непосредственной близости от потребителей
- Объем вводов распределенной генерации оценивается в объеме 5 % от суммарной потребности во вводах

## Программа новых вводов ГТУ-ТЭЦ и ПГУ-ТЭЦ малой мощности (ГВт)

Суммарный ввод за период 2010-2030 гг.:

базовый вариант 3,1 ГВт

максимальный вариант 5,9 ГВт

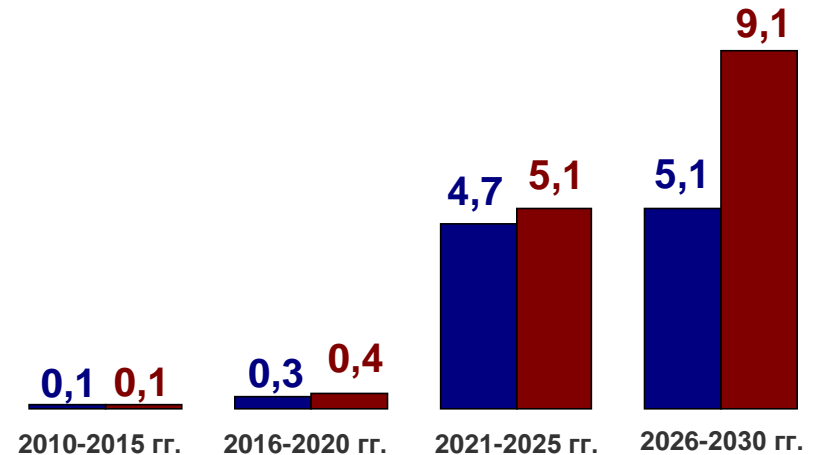


# Развитие ВИЭ

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 08.01.2009 объем производства электрической энергии с использованием ВИЭ к 2020 г. должен достигнуть 4,5 % от суммарной выработки электроэнергии (51 млрд кВт.ч, что соответствует 14,7 ГВт мощности).

В связи с тем, что в настоящее время меры государственной поддержки ВИЭ находятся на стадии разработки, объемы развития электростанций на базе ВИЭ до 2020 г. приняты по предложениям энергетических компаний, а за 2020 г. исходя из правительственных установок увеличения доли ВИЭ.

## Программа новых вводов ВИЭ (ГВт)



Суммарный ввод за период 2010-2030 гг.:

базовый вариант **6,1 ГВт**

максимальный вариант **14,3 ГВт**

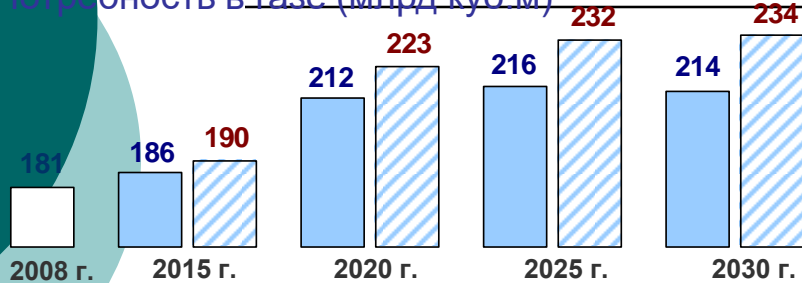
Доля ВИЭ в структуре установленной мощности электростанций на 2030 г.:

базовый вариант **2,0 %**

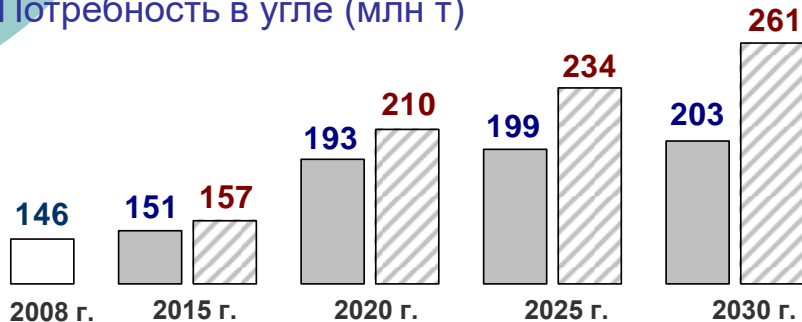
максимальный вариант **3,9 %**

# Потребность в органическом топливе ТЭС

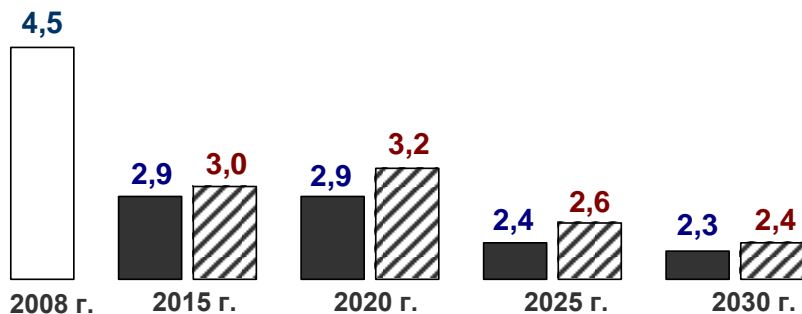
Потребность в газе (млрд куб. м)



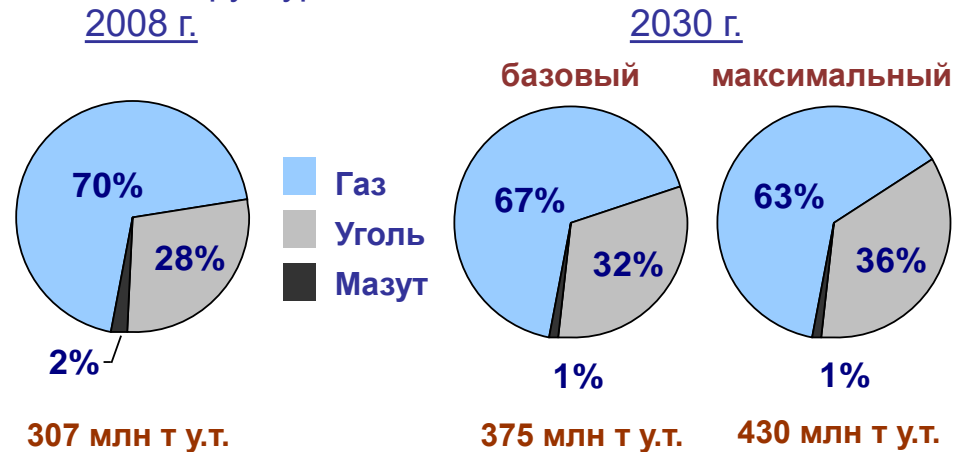
Потребность в угле (млн т)



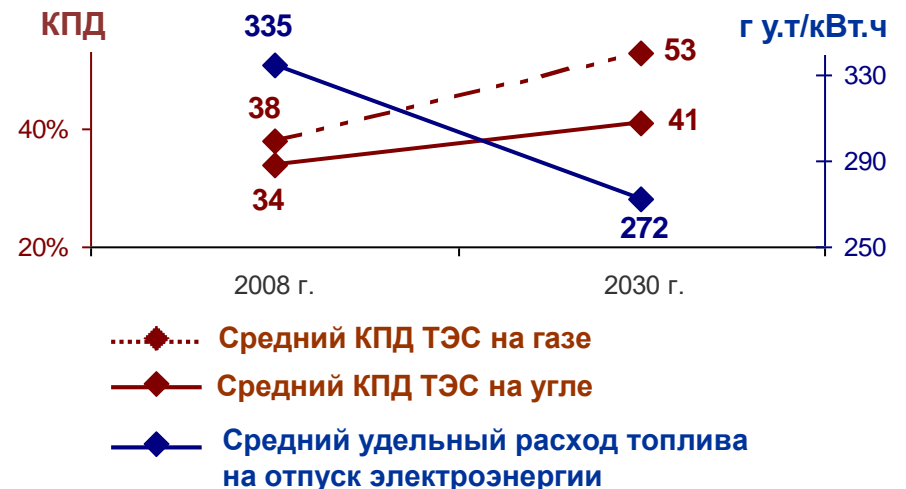
Потребность в мазуте (млн т)



Структура топливного баланса ТЭС



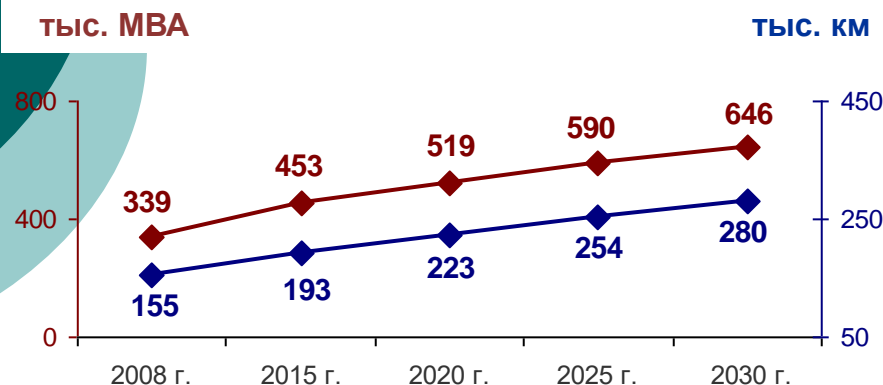
Повышение эффективности электроэнергетики





# Развитие сетевой инфраструктуры на период до 2030 года (базовый вариант)

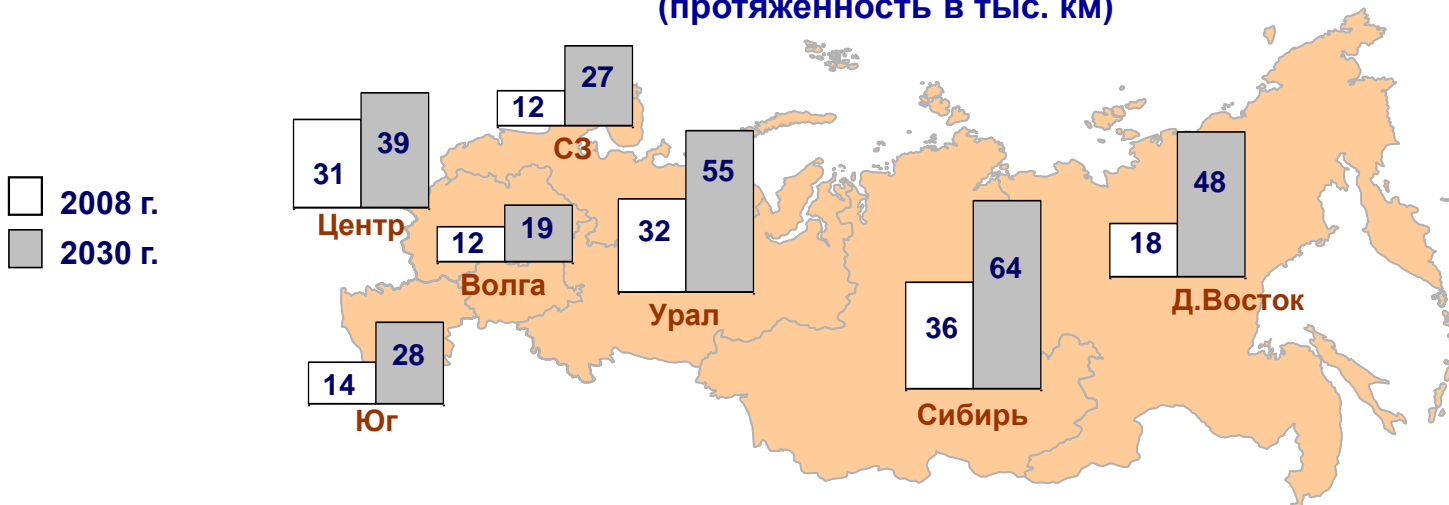
## Протяженность и трансформаторная мощность для сетей ЕНЭС 220 кВ и выше



Протяженность электрических сетей возрастет в 1,8 раза; при этом установленная мощность электростанций возрастет в 1,5 раза.

- До 2020 года необходимо ввести 25,5 тыс. км ВЛ 330 кВ и выше
- В период 2010-2020 гг. требуется ввести 9,5 тыс. км ВЛ 330 кВ и выше для выдачи мощности новых общесистемных станций
- В период 2010-2020 гг. требуется ввести 16,0 тыс. км ВЛ 330 кВ и выше для усиления межсистемных и межгосударственных связей и повышения надежности электроснабжения потребителей

## Развитие сетей ЕНЭС 220 кВ и выше в региональном разрезе (протяженность в тыс. км)



# Механизмы реализации Генеральной схемы

---

## Основные экономические механизмы и стимулы

- долгосрочный рынок мощности
- договоры на предоставление мощности
- рост экологических платежей

**Наравне с экономическими стимулами должны быть задействованы административные механизмы:**

- принятие технических регламентов, определяющих требования к эффективности энергетического оборудования, в том числе предельные сроки эксплуатации устаревшего оборудования
- стимулирование внедрения новых технологий производства электрической и тепловой энергии и новых технологий в электрических сетях ( в.т.ч. создание пилотных проектов) при координации со стороны Минэнерго России

## Механизмы реализации Генеральной схемы (продолжение)

---

- **принятие программы модернизации электроэнергетики**, реализующей и конкретизирующей положения Генеральной схемы применительно к модернизации действующего энергетического оборудования
- **внесение изменений в Правила оптового рынка электроэнергии**, предусматривающие повышение дифференциации между дневными и ночными ценами на электроэнергию (для окупаемости ГАЭС)
- **создание системы мониторинга стоимости строительства** и модернизации энергетических объектов и принятие комплекса мер по минимизации капитальных затрат
- **внедрение договоров take or pay** между генерирующими компаниями и крупными потребителями, предусматривающими финансовую ответственность потребителей и генераторов за ввод объектов в согласованные сроки

# Основные направления для дальнейшей детальной проработки

## Генеральная схема детализируется в

---

- Схеме и программе развития ЕЭС России
- Схемах и программах развития электроэнергетики субъектов РФ
- Схеме территориального планирования в электроэнергетике
  - необходима для своевременного резервирования площадок под строительство энергетических объектов
  - разрабатывается в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации

**Спасибо за внимание!**