

# Электрoэнергетика-

## 21:

- философия
- фиксация
- форсайт



**Институт энергетической стратегии**

[www.energystrategy.ru](http://www.energystrategy.ru)

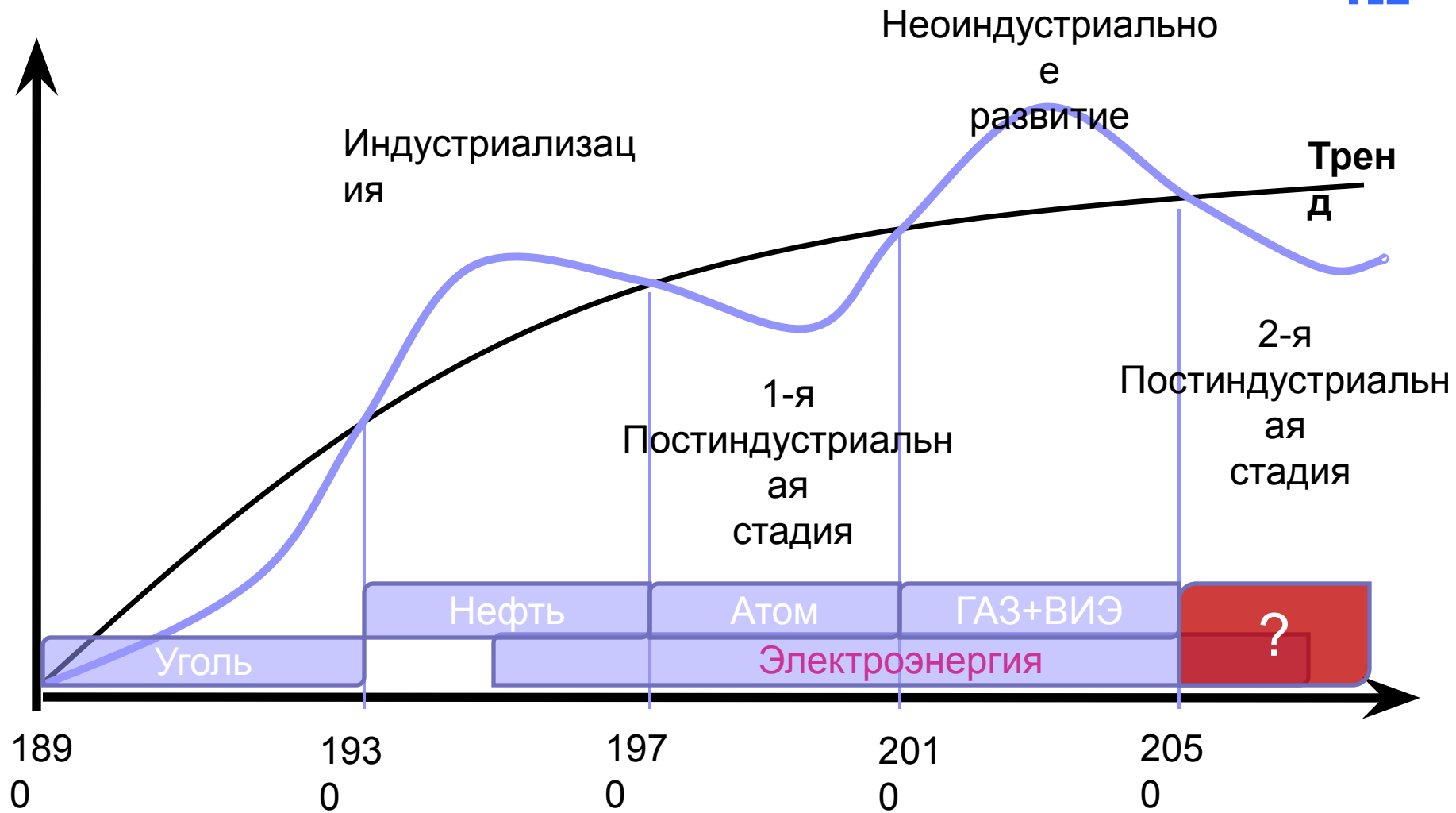
**д.т.н. проф. Бушуев В.В.**

**Ген. директор ИЭС**

**29.03.2011 г.**

Москва, 9-я конференция ТРАВЕК

# Динамика промышленного развития



# Смена доминирующих источников энергии



**Нефть:  
1930-1970**



**Атом: после 1970**



**ВИЭ после  
2010**



**Уголь: до 1930**



**Газ: после  
1970**

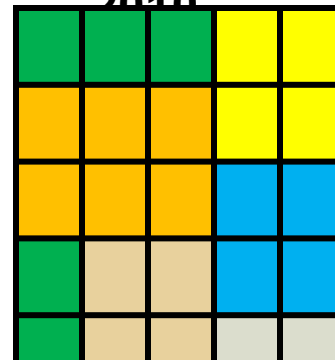


**ВИЭ после  
2010**

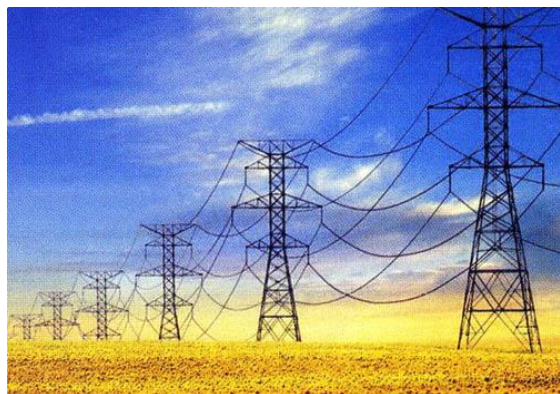


**Новые источники  
энергии  
После 2030**

**Повышение  
структурности  
(снижение энтропии)  
потока энергии**



# Целостный энерго-эколого-экономический ПОДХОД



Энергетика



Экономика



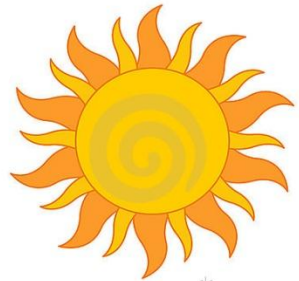
Экология

Человек

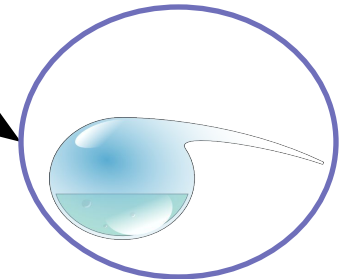
▪ Много-критериальный  
выбор

▪ Центральная роль  
потребителя

# Ресурсы и конечные виды энергии



Силовая энергия

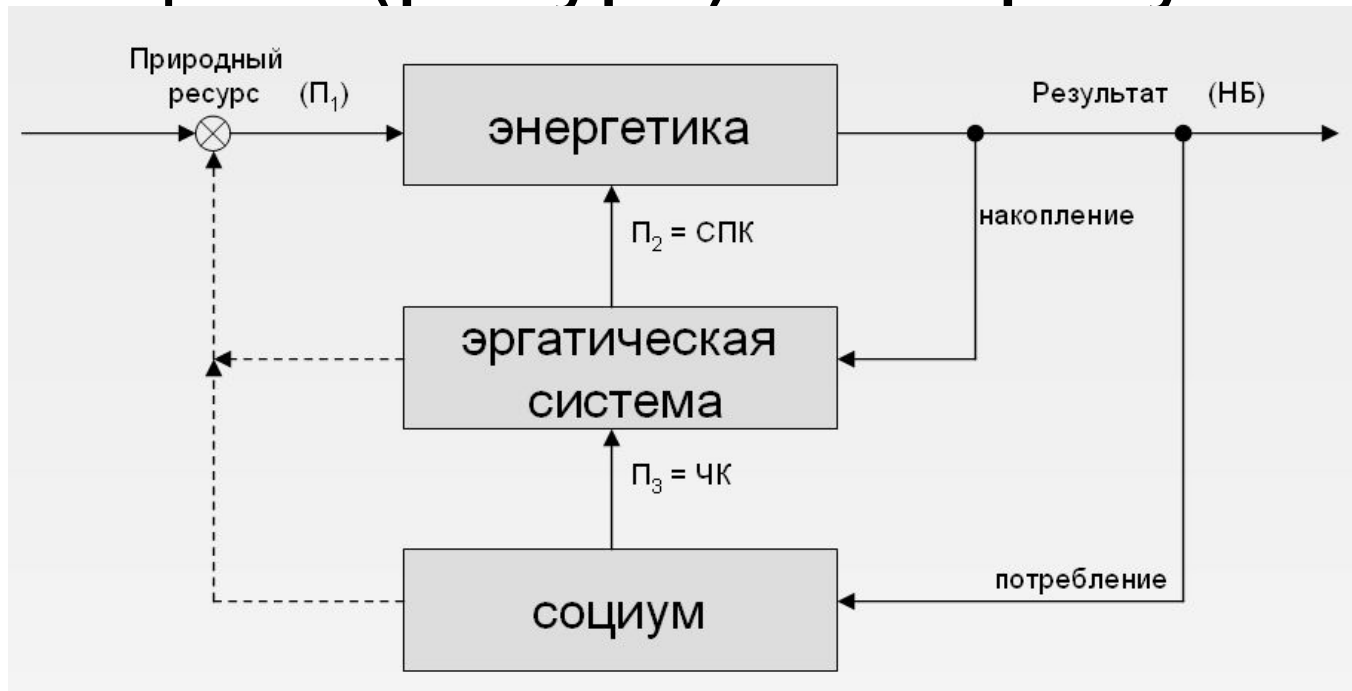


Встроенная энергия



Умная энергия

# Трансформация “потенциал (ресурс) → результат”



- $P_1 = P_r$  - природно-ресурсный капитал
- $P_2 = СПК$  - социально-производственный капитал
- $P_3 = ЧК$  - человеческий капитал

Капитал – стоимостное выражение потенциала (ресурса)

## Три “К”



Количество

- Объем производства (население, ВВП, промышленное производство, энергетическое производство)

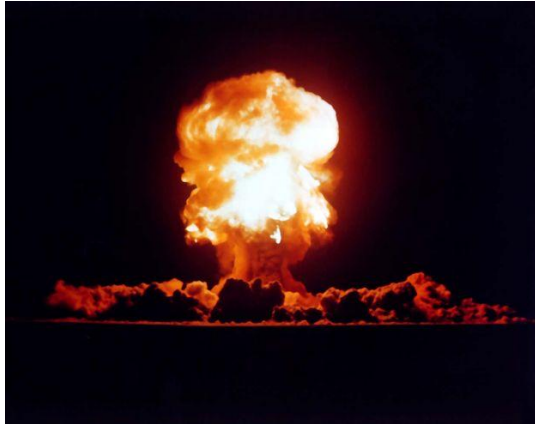
Качество

- Надежность и адаптация

Конструктивность

- Системная организация

# Качество и ценность энергии



**атомный взрыв:**

большая мощность ( $N \uparrow$ )  
малая организованность ( $S \downarrow$ )



**лазер:**

малая мощность ( $N \downarrow$ )  
высокая организованность ( $S \uparrow$ )

$$\mathcal{E} = N \cdot f(s) \cdot T$$

**Ценность = Стоимость**



# Место ЭС-2030



# Стратегические приоритеты ЭС-2030



Энергетическая безопасность

**Энергетическая эффективность экономики**

Бюджетная эффективность энергетики

Экологическая безопасность энергетики

Энергетическая  
безопасность:  
принцип «3 Д»



Ресурсная  
**Д**остаточность

Экономическая  
**Д**оступность

Технологическа  
я **Д**опустимость

# Что такое энергоэффективность?

$$\mathcal{E}_{\text{ф}} = \frac{\text{результат}}{\text{затраты}} \quad - \text{ в общем случае}$$

# Что такое энергоэффективность?

$$\mathcal{E}_{\text{ф}} = \frac{\text{Капитализация}}{\Delta\text{ТЭР(стоимость)}} \quad - \text{ для компаний}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ф}} = \frac{\text{Стоимость продукции}}{\text{Затраты}} \quad - \text{ для технологий}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ф}} = \text{Коэффициент полезного действия} \quad - \text{ для установок}$$

# Что такое энергоэффективность?

$$\mathcal{E}_{\phi} = \frac{\text{ВВП}}{\Delta \text{ТЭР}_{\text{потр}} + \text{ТЭР}_{\text{экспорт}}} \quad - \text{ для ТЭК}$$

$$\mathcal{E}_{\phi} = \frac{\Delta \text{НБ(прирост)}}{\Delta \text{НБ (затраты)}} \quad - \text{ ЭКОНОМИКИ}$$

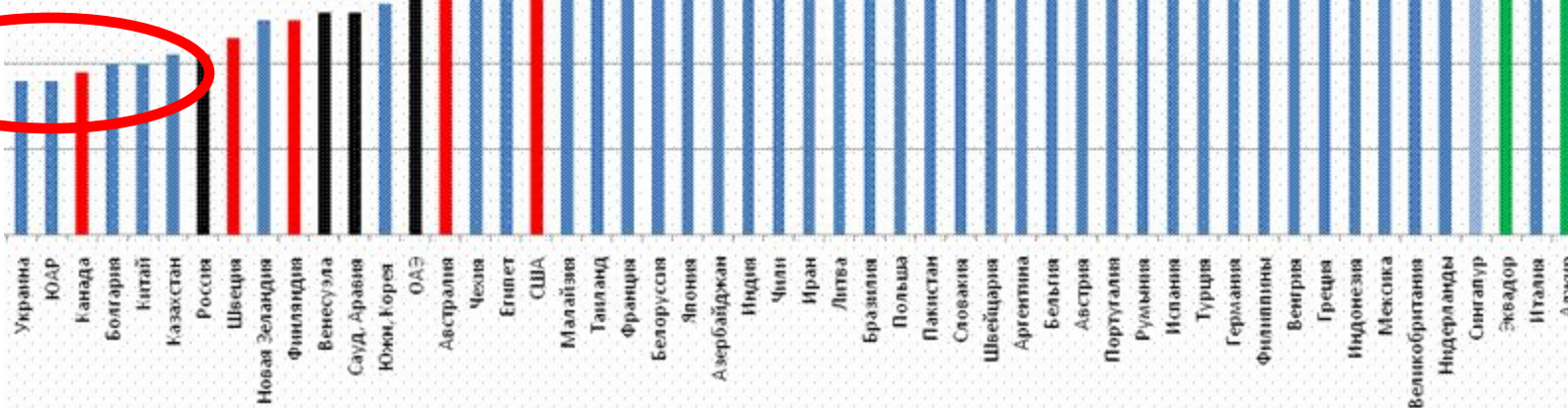
$$\mathcal{E}_{\phi} = \frac{\Delta \text{Качество жизни}}{\Delta \text{ТЭР}} \quad - \text{ для регионов}$$

# По энергоэффективности производства национального богатства развитые страны не являются лидерами



Алжир, Италия, Эквадор, Сингапур,  
Нидерланды, Великобритания,  
Мексика, Индонезия...

Украина, ЮАР, Канада, Болгария,  
Китай, Казахстан, Россия, Швеция,  
Новая Зеландия...



Электроэффективность производства ВВП  
долл./кВт час

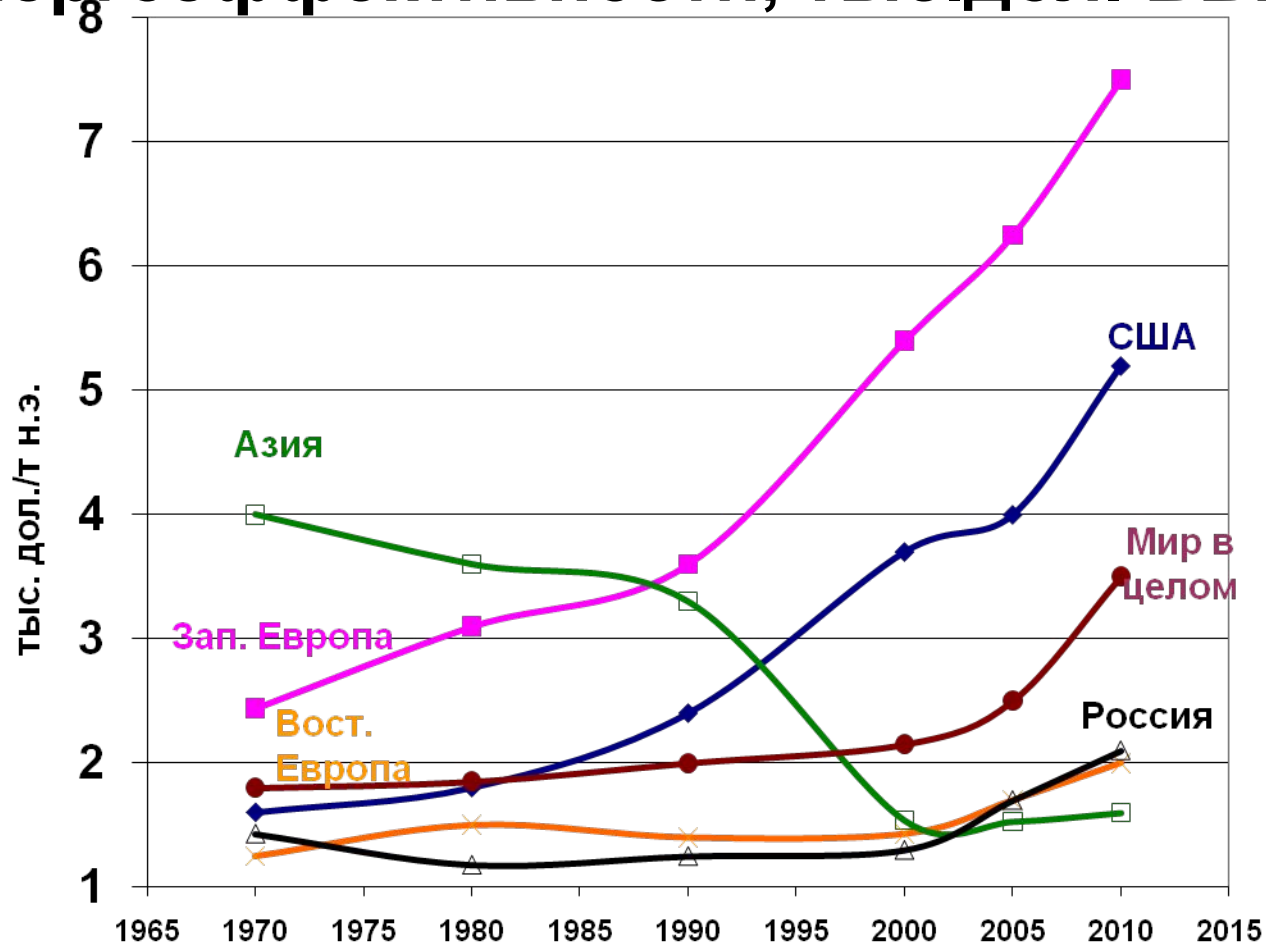
# Важная причина различий в энергоэффективности – разная структура потребления энергии



Структура потребления электроэнергии в мире на 2008 г., %



# Динамика мировой энергоэффективности, тыс.дол. ВВП /т н. э.

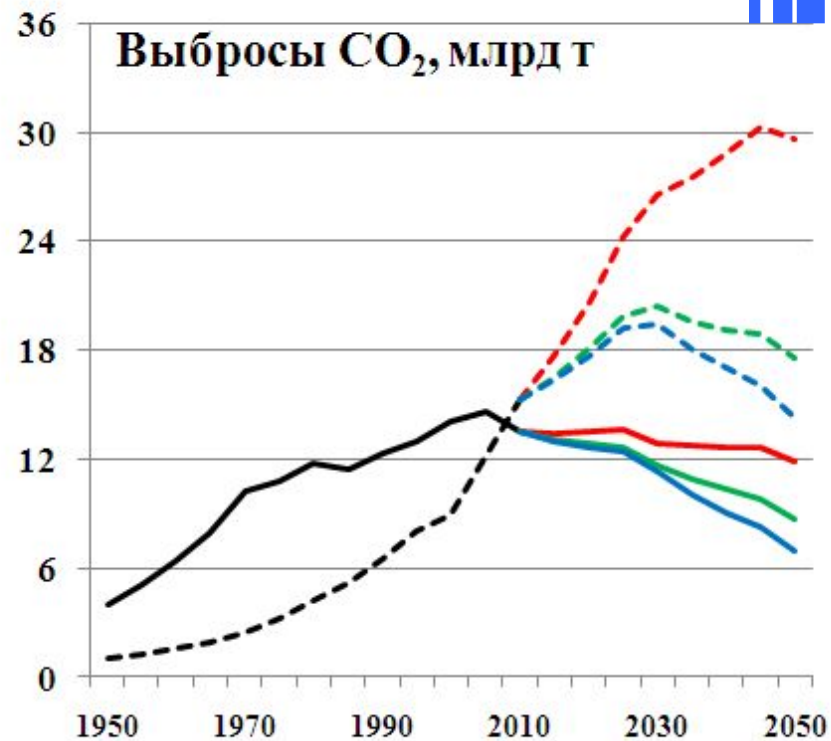
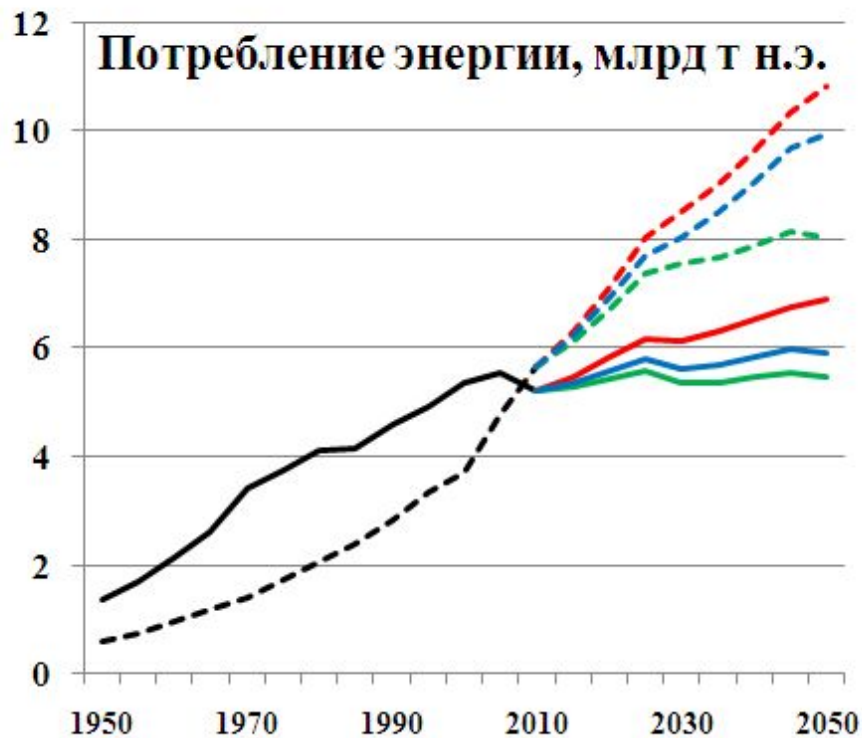


# Составляющие энергоэффективности



Показатели	Страны				
	Россия	ОПЕК	ЕС	США	Мир
$\eta_d = \frac{\Delta TЭР}{\Delta Пp}$	0,3	0,2	0,7	0,6	0,4
$\eta_{п} = \frac{\Delta Эл}{\Delta TЭР}$	0,4	0,1	1,1	0,9	0,63
$\eta_{эл} = \frac{\Delta ВВП}{\Delta Эл}$	3,2	2,4	4,9	4,11	3,4
$\eta_{ЭН} = \frac{\Delta ВВП}{\Delta TЭР}$	1,3	0,25	5,4	3,7	2,15
$\eta_{ВВП} = \Pi(\eta_d \times \eta_{п} \times \eta_{эл})$	0,4	0,05	3,8	2,2	0,86

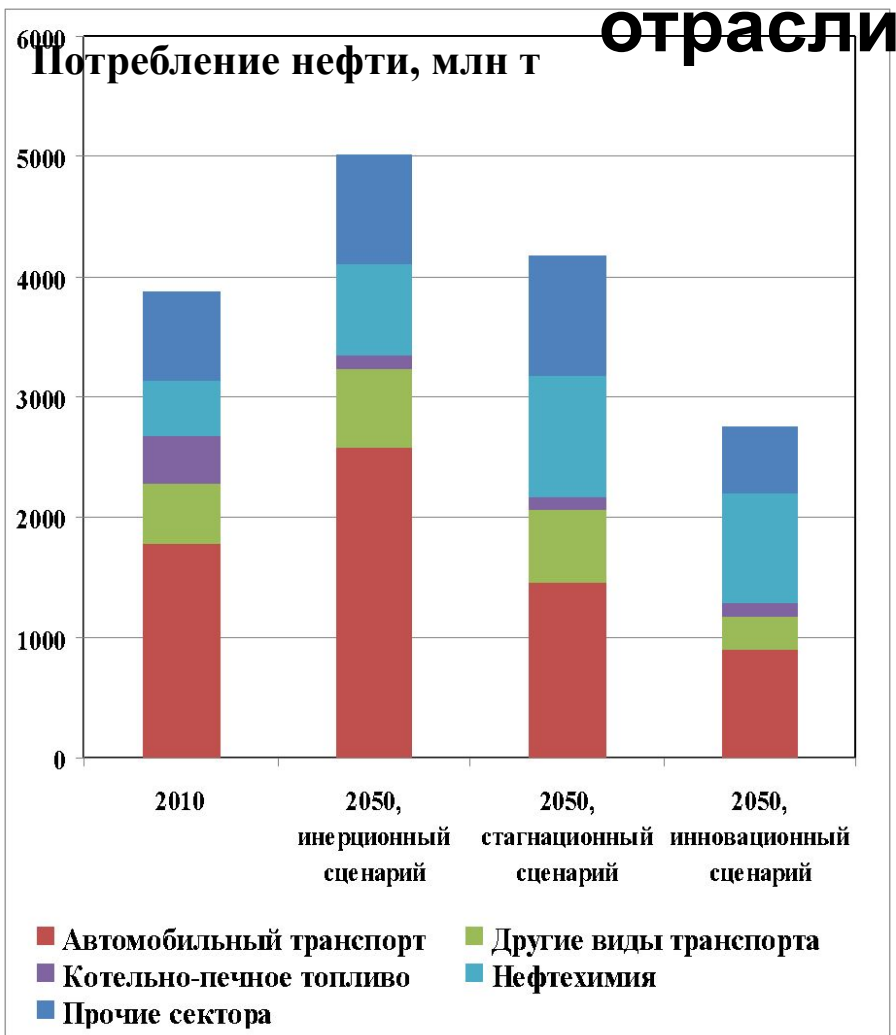
# Сдвиг энергетики в развивающиеся страны



- ОЭСР, факт
- РС, факт
- Инерционный сценарий, ОЭСР
- Инерционный сценарий, РС
- Стагнационный сценарий, ОЭСР
- Стагнационный сценарий, РС
- Инновационный сценарий, ОЭСР
- Инновационный сценарий, РС

ОЭСР – Развитые страны, РС – развивающиеся страны

# Ключевые тренды в нефтяной



- Возможны революционные изменения автопарка

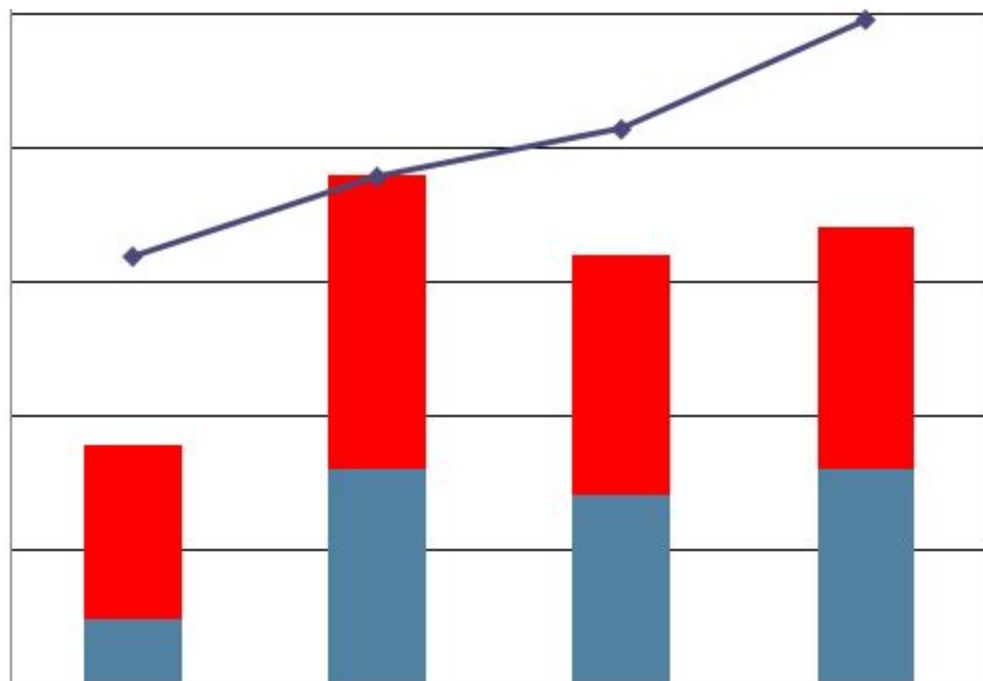
- Конец нефтяной эпохи и нефтяного бизнеса в инновационном сценарии

- Вызов для России: спад экспорта нефти в физическом и особенно денежном выражении

# Ключевые тренды в газовой отрасли



Потребление природного  
газа, млрд куб. м



▪ Сдвиг потребления в развивающиеся страны

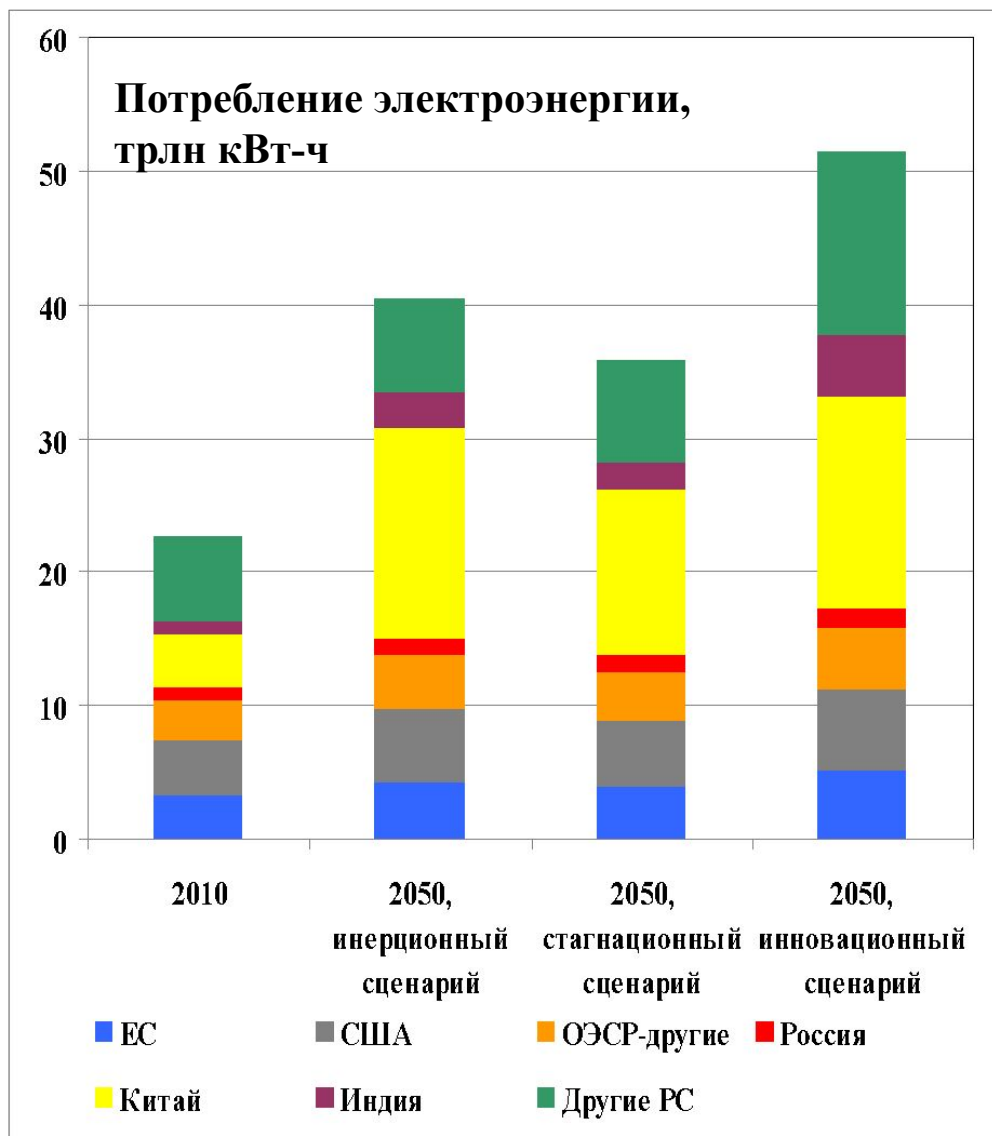
Безальтернативный тренд -  
рост с 10% до 15-18% доли  
нетрадиционного газа

Безальтернативный тренд -  
рост доли СПГ в поставках

Вызов для России:

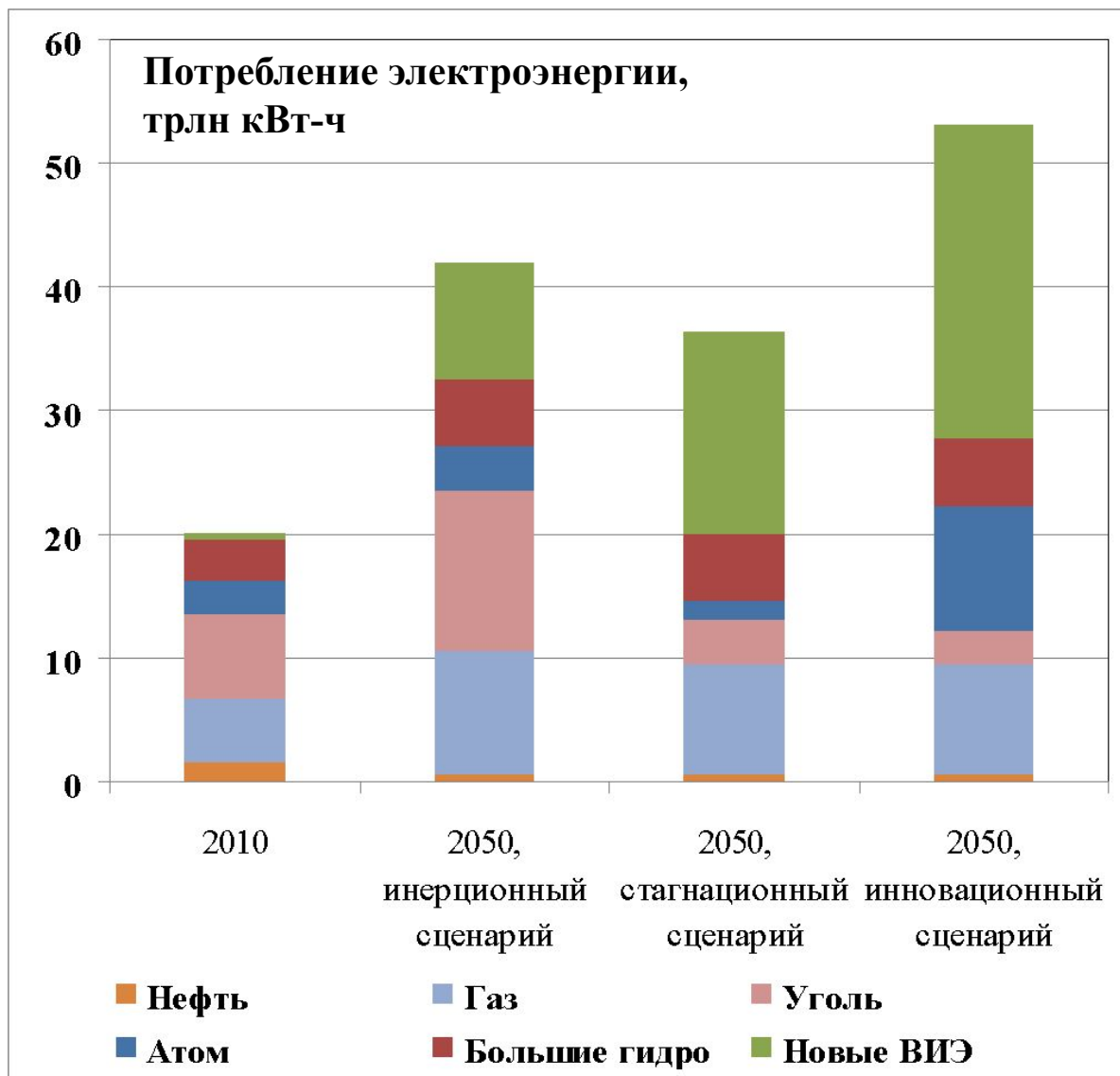
ужесточение конкуренции в  
Европе и в Азии

# Региональные тренды в электроэнергетике



- Опережающий рост
- Сдвиг в развивающиеся страны
- Крупный потенциальный рынок – электромобили
- Инновационный сценарий – «электрический мир»
- **Вызов для России:** развитие «умных сетей» и создание ЕЭС нового поколения

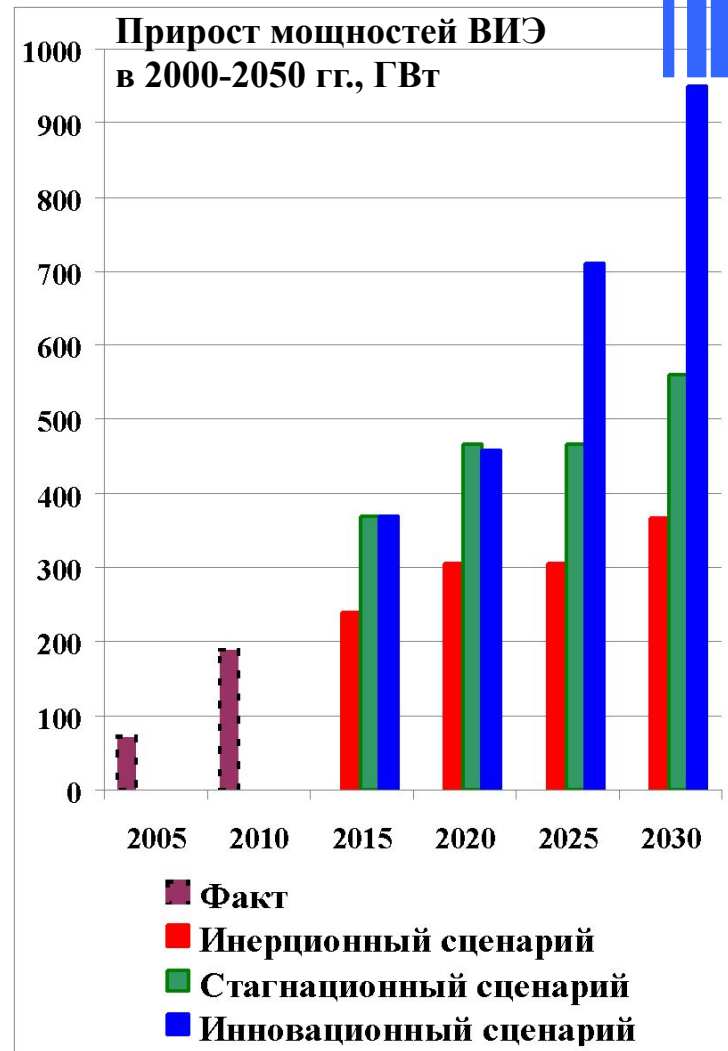
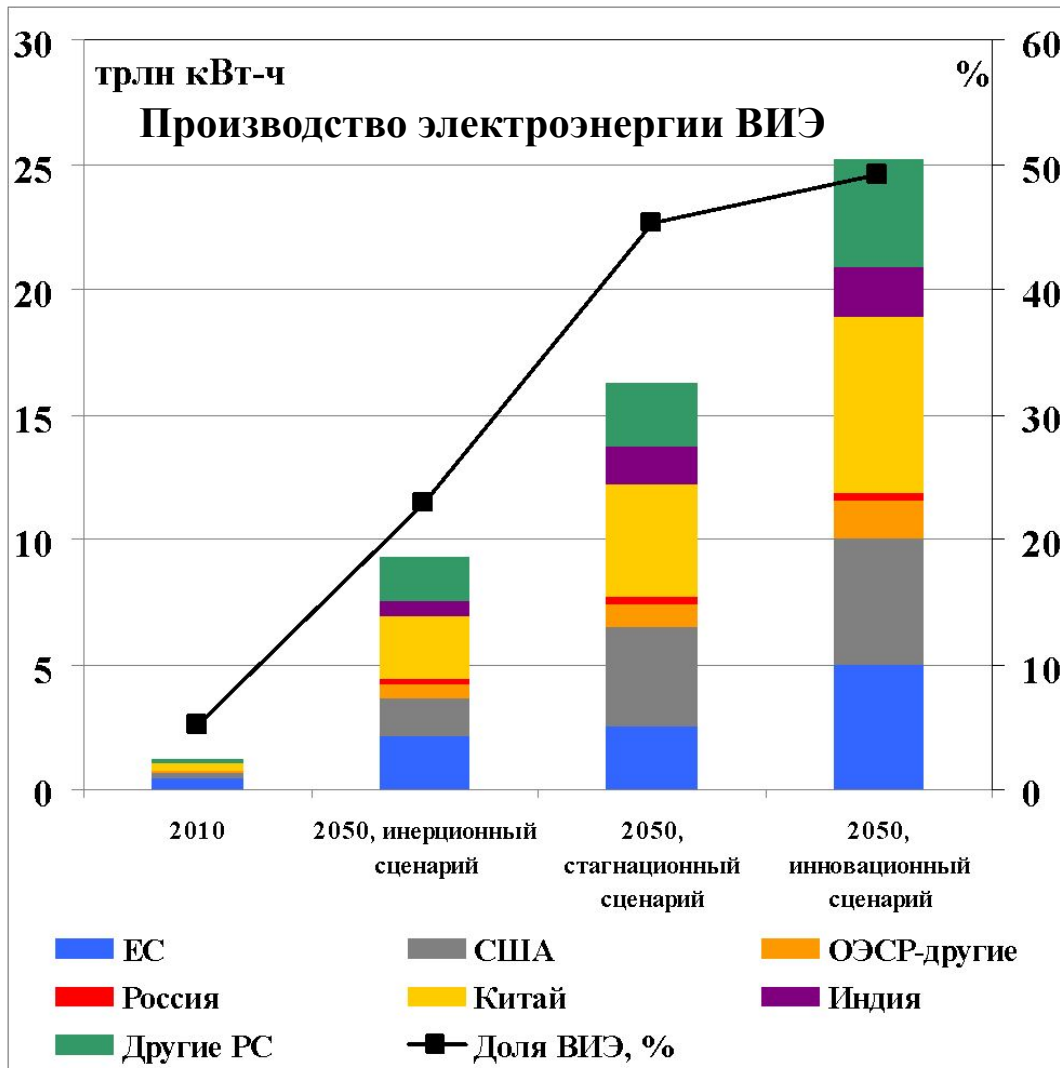
# Структурные тренды в электроэнергетике



- Пережающий рост ВИЭ
- Высокая неопределенность в атомной энергетике
- Значительный потенциал роста газовой электроэнергетики
- Возможность сворачивания угольной электроэнергетики

# Ключевые тренды в возобновляемой энергетике

**Вызов для России:** крайняя слабость позиций и конкуренция с углеводородами





# Мировая электроэнергетика: технологические тренды в генерации электроэнергии

<u>Зрелые технологии</u>	<u>Формирующиеся технологии</u>
<i>Инерционное развитие</i>	<i>Внедрение новых решений</i>
Газовая топливная генерация	Прямое получение эл. энергии из окружающей среды
Ветровая электроэнергетика	Солнечная фотовольтаика
Большая гидроэнергетика	Биоэнергетика
Реакторы на тепловых нейтронах	Реакторы на быстрых нейтронах

# Технологические тренды развития электроэнергетических систем

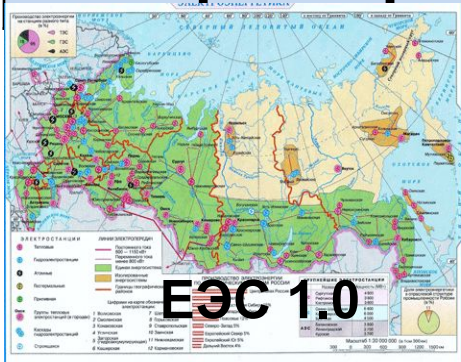
Переход к энергетическим системам нового поколения по четырем направлениям:

1. Создание систем управления энергосистемой («умная энергосистема»)

3. Развитие технологий накопления электроэнергии в энергосистеме

2. Развитие технологий дальнего транспорта электроэнергии

4. Преобразователи частоты



К Единой  
энергосистеме  
Нового поколения  
(ЕЭС 2.0)



# Развитие умной энергетики

1. Управление спросом в режиме реального времени

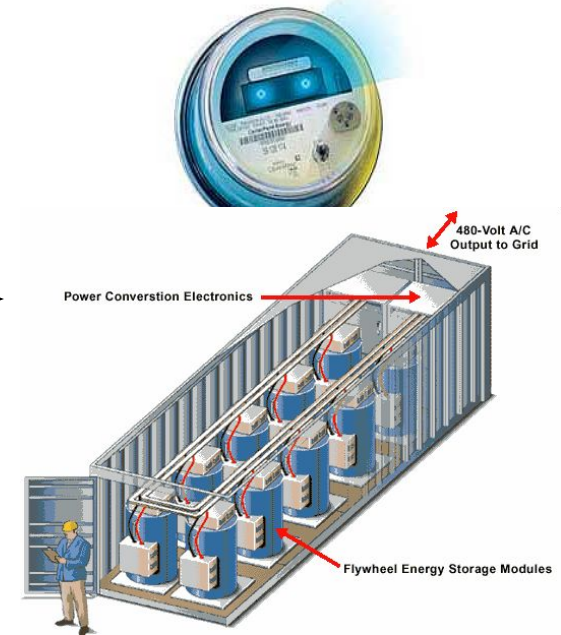
2. Адаптивные системы ПАУ

3. Повышение живучести энергосистемы

4. Управление структурой

От силовой

энергетики к умной



# Тренды развития транспорта электроэнергии

1. Гибкие системы  
передачи на переменном  
токе (FACTS)

2. Унифицированная  
система управления  
энергопотоками (UPFC)

3. ЛЭП постоянного тока  
(HVDC), сверхпроводящие  
материалы

4. Снижение потерь и рост  
эффективной дальности  
передачи электроэнергии

От региональных энергетических

систем к конт



Региональные ОЭС



ЕЭС Евразии?

# Тренд 3. Развитие технологий накопления электроэнергии в энергосистеме

1. Создание резервов мощности у потребителя

2. Накопители для выравнивания графика АЭС

3. На уровне энергосистемы - ГАЭС, маховые накопители, химические технологии

4. Проблема в аккумуляторах большой мощности

5. Не валовое накопление энергии, а стабилизация режима

Балансирование нагрузки



Резерв мощности

# Тренды развития распределенной генерации

1. Интеграция электроэнергетики в техносферу

2. Производство энергии потребителями

3. Развитие ВИЭ в рамках технологий «активного здания»

4. Формирование «Виртуальных электростанций»



Централизованная генерация



электростанции

# Мировая электроэнергетика: технологические тренды в потреблении

<u>Зрелые технологии</u>	<u>Формирующиеся технологии</u>
<b>Инерционное развитие, улучшение экономических показателей</b>	<b>Быстрый прогресс технико-экономических показателей, внедрение новых решений</b>
Электрификация железных дорог	Электромобили
Обработка металлов резанием	Импульсная обработка
	Лазерные технологии
Электробытовые приборы	Миниаккумуляторы

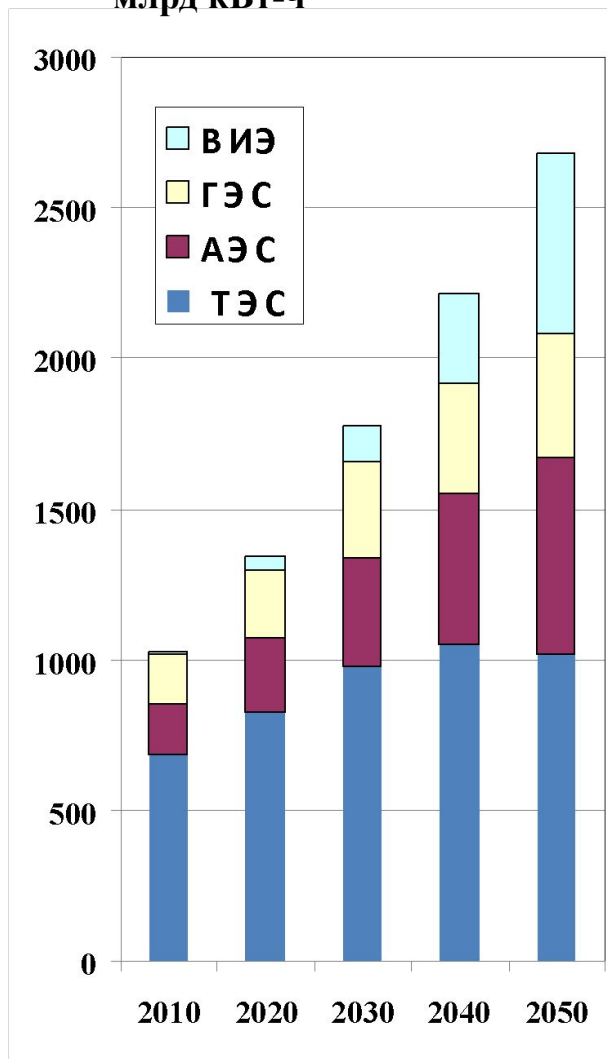




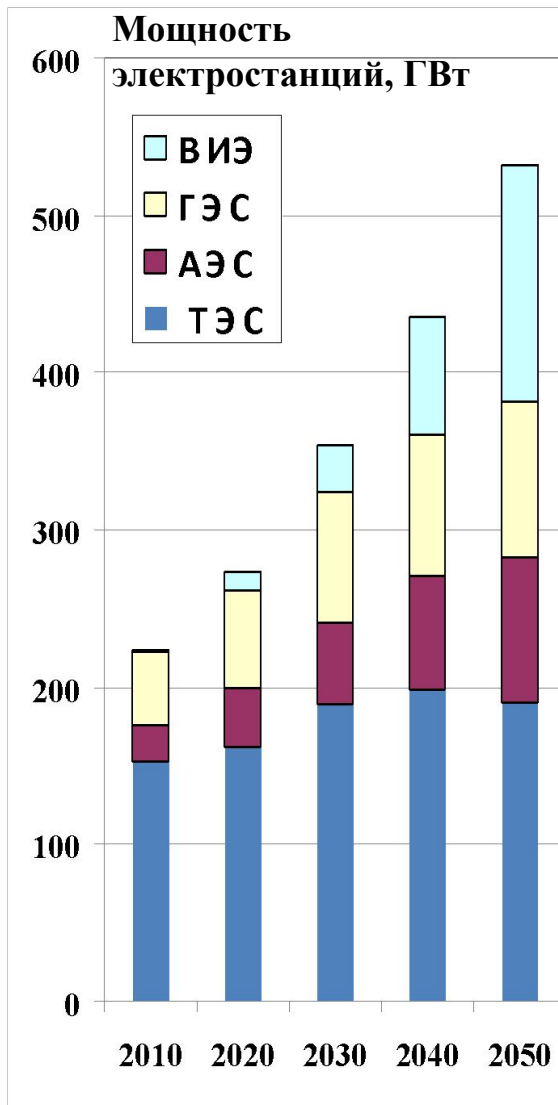
# Электроэнергетика России в инновационном сценарии



Производство электроэнергии,  
млрд кВт-ч



Мощность  
электростанций, ГВт



- Рост в 2,5 раза к 2050 г.  
и в 1,7 раза к 2030 г.

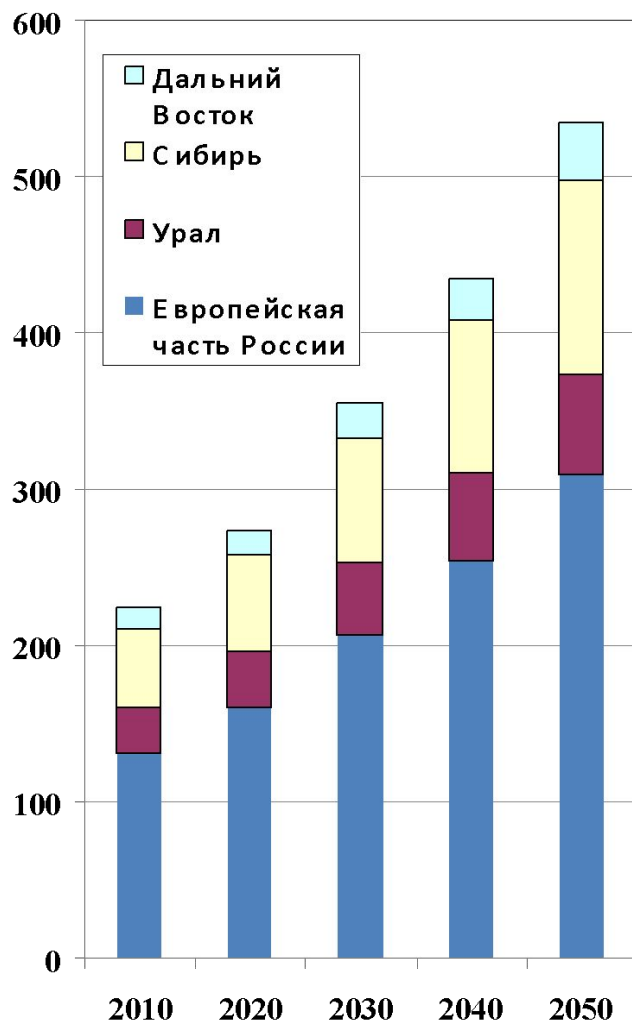
- Опережающий рост мощностей ВИЭ и АЭС, замедленный рост мощностей ТЭС, стабильный рост мощностей ГЭС

- Доля ВИЭ в мощности выше, чем в генерации, из-за низкого КИУМ

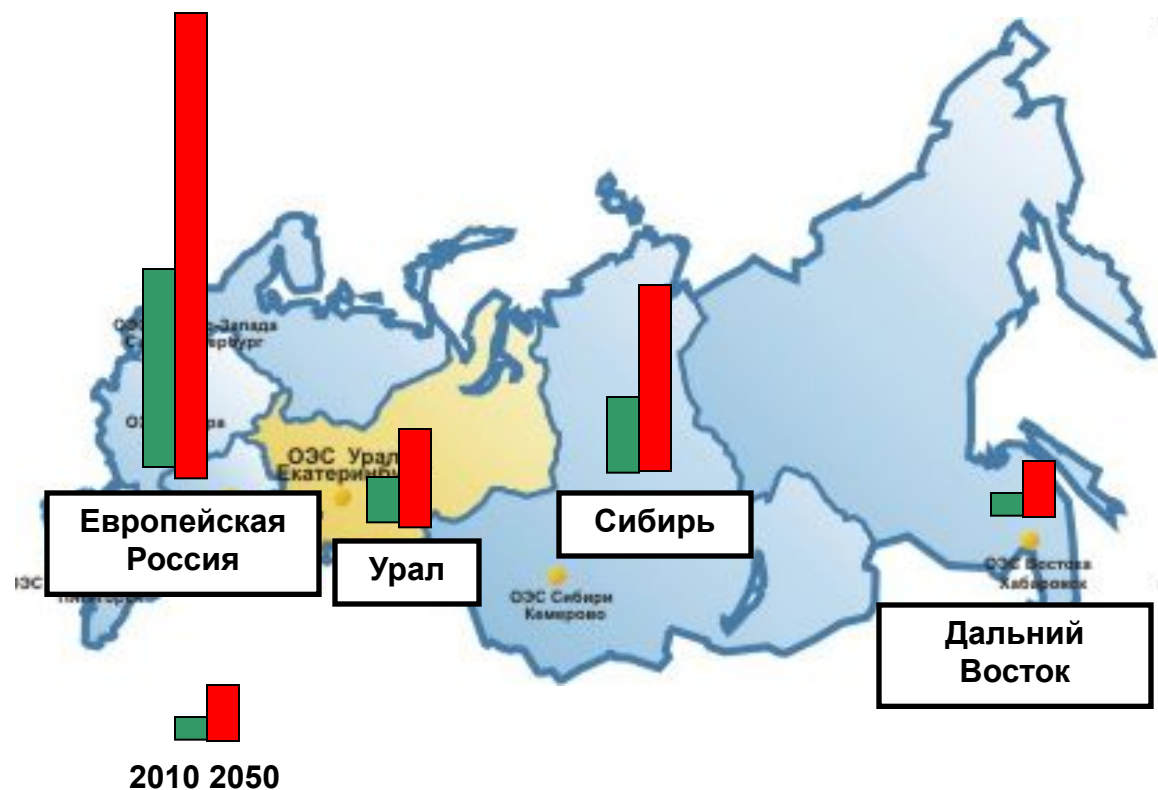
# Электроэнергетика России в инновационном сценарии



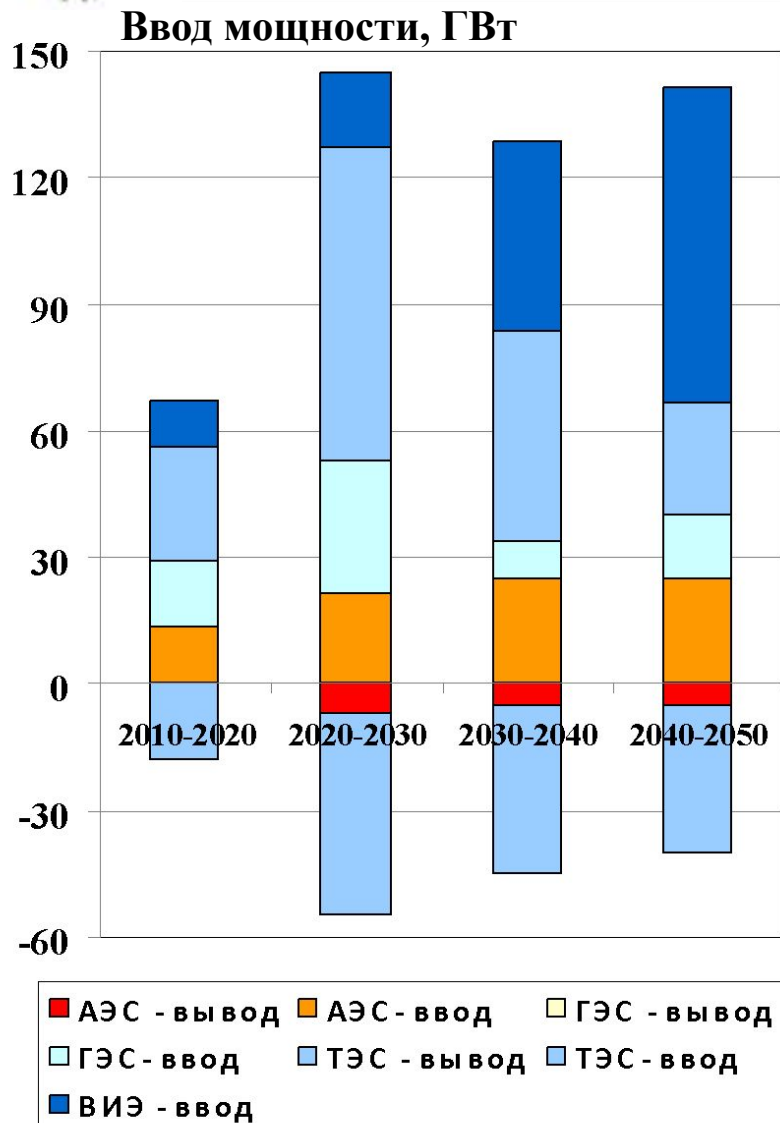
Мощность электростанций, ГВт



- Опережающий рост потребления и мощностей на Дальнем Востоке и в Сибири
- Замедленный рост на Урале и в Европейской России
- Существенные различия в структуре генерации
- Балансирующие межсистемные связи



# Электроэнергетика России в инновационном сценарии



- Ввод мощностей необходимо довести в 2011-2020 гг. до 7 ГВт в год, в 2021-2030 – до 14 ГВт в год
- В 1992-2010 гг. ввод - менее 2 ГВт (2010 г. – 2,8 ГВт)
- Размеры необходимых вводов мощностей для надежного энергоснабжения страны очень велики
- Важную роль играет массированное выбытие изношенных мощностей в 2021-2030 гг.
- Необходима государственная программа развития генерирующих мощностей

# Ключевые тренды и требования к России

<u>Тренд</u>	<u>Риск</u>	<u>Требования к России</u>
Замедление спроса на российские энергоресурсы	Замедление экономического роста	Модернизация экономики
Сдвиг спроса на углеводороды в Азию	Сильная конкуренция на европейском рынке	Диверсификация направлений экспорта
Окончание нефтяной эпохи	Бюджетный, финансовый и экономический кризис	Снижение зависимости от экспорта нефти
Усиление климатической политики, рынков CO <sub>2</sub>	Отставание России, проблемы при экспорте	Модель работы России на новых рынках
Опережающий рост ВИЭ	Отставание России, неэффективность	Ускоренное развитие ВИЭ в России
Регионализация мировой энергетики	Невостребованность экспорта и инвестиций	Оптимизация трубопроводных проектов

# Спасибо за ВНИМАНИЕ



**Институт энергетической стратегии**

[www.energystrategy.ru](http://www.energystrategy.ru)

**д.т.н. проф. Бушуев В.В.**

**Ген. директор ИЭС**

**29.03.2011 г.**

Москва