

Развитие ТЭК в электрифицированном будущем

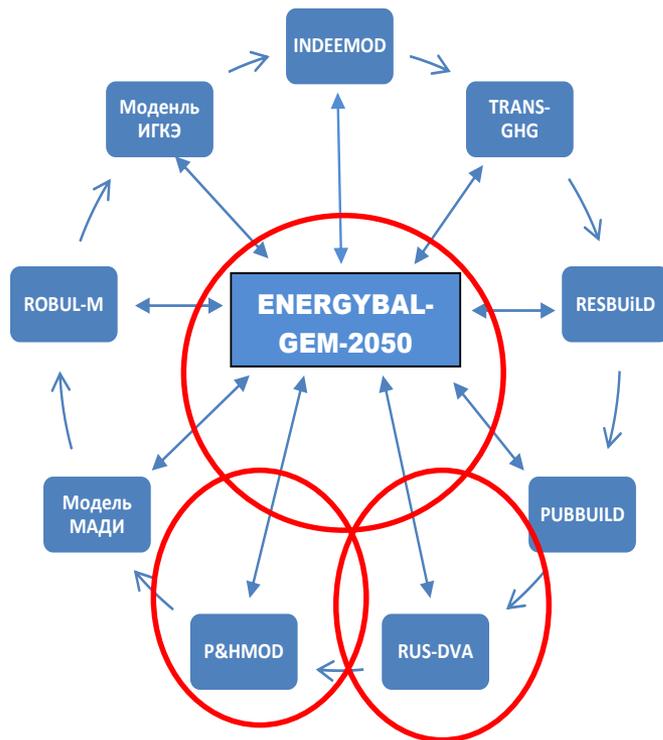
Igor Bashmakov
Center for Energy Efficiency - XXI

www.cenef.ru 8 (499) 120-9209

We spend our energy to save yours!



Cloud (set) of 10 models used for Russia's long-term LCDS



Duplicate models were used to improve the reliability of results for several sectors (power and heat generation, transportation, AFOLU)

Global prospects are assessed using CENef-XXI's global model MoG³EM-21-50 (21 global regions)

The model set is built around the core multisectorial model –

ENERGYBAL-GEM-2050

The 'cloud' of models includes macroeconomic and sectorial models developed by CENef-XXI:

- **Macroeconomic model - RUS-DVA**
- **Model for power and heat sector - P&HMOD**
- **Model for industry - INDEE-MOD**
- **Model for transport - TRANS-GHG**
- **Models for residential sector REsBUILD and «Assistant of EE MFB rehabilitation»**
- **Model for public buildings - PUBBUILD**

Models developed by other institutions:

- **Model for AFOLU sector – ROBUL-M (Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences (CEPF RAS))**
- **AFOLU model (Institute of global climate and ecology RAS)**
- **Automobile transport model (Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI))**

Моделирование параметров ТЭК

Модель R&HMOD

➔ Логика моделирования:

➔ электроэнергия по технологиям (ТЭС по видам топлива, АЭС, ГЭС, ВИЭ по видам)

➔ тепло (ТЭС, котельные, теплоутилизационные установки)

➔ Спрос → внешняя торговля → производство → мощности

➔ АЭС, ГЭС и ВИЭ в большей части стран, включая Россию, доминируют неэкономические факторы в выборе приоритетов. Поэтому задается генерация на основе принятых документов и гипотез

➔ Баланс мощностей → КИУМ → УРУТ для технологий → средний УРУТ → суммарная потребность в топливе (уголь, сырая нефть, нефтепродукты, природный газ, прочие твердые топлива, включая биомассу)

➔ В модели **ENERGYBAL-GEM-2050** функции спроса на отдельные энергоносители при производстве ЭЭ и ТЭ:

- показатели качества энергии
- ценовая конкуренция



Моделирование параметров ТЭК

Модель INDEE-MOD

- ➔ Задаются объемы добычи или экспорта нефти, природного газа и угля
- ➔ По логике представленной на прошлом семинаре определяются:
 - ➔ Потребность в энергоресурсах для их добычи и транспортировки
 - ➔ Выбросы ПГ на всех стадиях производственной цепочки
 - ➔ Может также учитываться материалоемкость производства в ТЭК

Оценка влияния нефтегазового сектора на ВВП - макроэкономическая модель **RUS-DVA** (четырёхпродуктовая):

- ➔ **нефтегазовый ВВП** включает добычу, переработку, транспортировку и продажу сырой нефти, нефтепродуктов и природного газа.
- ➔ **Ненефтегазовый сектор** (прочая экономика) производит один продукт.
- ➔ В модели есть блоки:
 - ➔ производства ВВП;
 - ➔ совокупного спроса;
 - ➔ платежного баланса;
 - ➔ консолидированного бюджета;
 - ➔ цен.



Оценка перспектив развития мировой энергетики и глобальных выбросов ПГ - Модель MoG³EM-21-50-ЭЭ

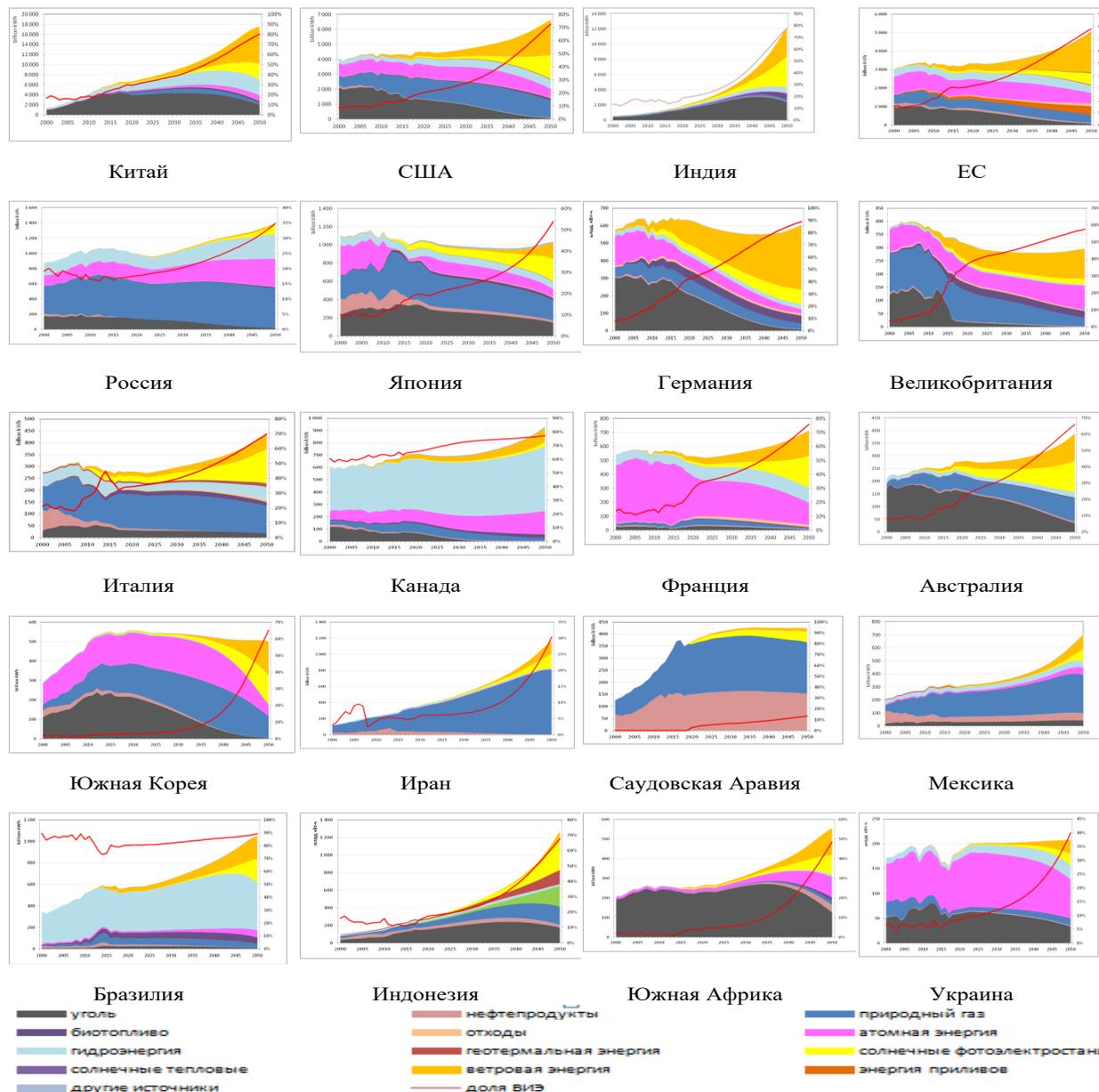
- Имитационная
- Модельный комплекс состоит из 22 моделей. Включает аналогичные по структуре модели для 19 стран и ЕС, а также модель для мира в целом и для «Прочего мира»
- Временной горизонт прогноза - до 2050 г. Шаг расчета - 1 год
- Модели по странам, регионам и для мира взаимно балансируются для получения согласованного прогноза
- На выходе MoG³EM-ЭЭ выдает:
 - динамические балансы электроэнергии и динамику генерирующих мощностей
 - динамические ЕТЭБы
 - объемы антропогенных выбросов ПГ,
 - расходы потребителей на энергию и
 - другую тематически сгруппированную прогнозную информацию с широким набором таблиц и графических иллюстраций



Анализ и прогноз внешних факторов

- Революция в структуре прироста мощностей электроэнергетики уже свершилась
- Уголь не вернется! Закат эпохи угольной генерации
- Симптомы конца первой ядерной волны
- ВИЭ сделали фантастический рывок в будущее. Прогнозные оценки развития ВИЭ подвергаются систематическому пересмотру вверх не только скептиками, но и энтузиастами
- Влияние ПВИЭ на рынки электроэнергии будет расти по мере роста их доли
 - Новые модели для интеграции высоких долей ПВИЭ на рынке уже формируются
 - Новый феномен при высокой доле ПВИЭ - отрицательные оптовые цены на электроэнергию
 - Призыв «Power to the people» реализуется на практике
- Формируется «крест на традиционной генерации» – снижение LCOE для ВИЭ на фоне их стабилизации или роста для топливной генерации и для АЭС
- Процесс «обучения» для ВИЭ динамично продолжится в ближайшие годы, и LCOE для них окажутся уже в нижней части диапазона стоимости генерации на топливе
- Новым феноменом последних лет стал выход электроэнергетики на ведущие позиции в структуре инвестиций в мировую энергетику

Доля низкоуглеродной генерации будет расти во всех странах



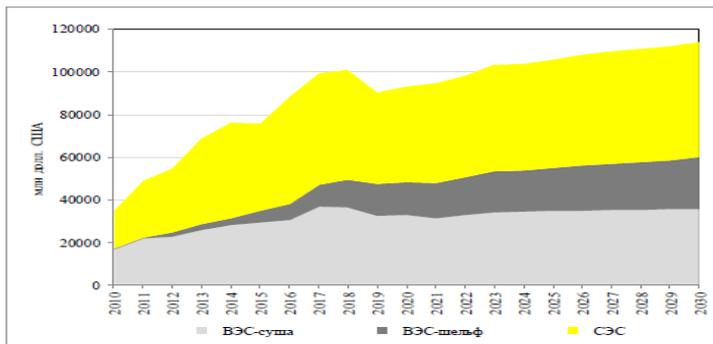
Динамика структуры выработки электроэнергии в разных странах в сценарии «Заход на цели». 2015-2050 гг.

Основной вклад в прирост потребления электроэнергии в 2015-2050 гг. вносят:

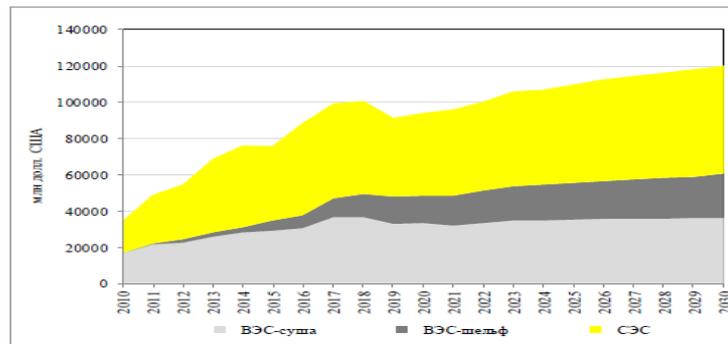
- Китай – 34%
- Индия – 31%
- «Прочий мир» – 13%
- США – 7%
- ЕС – 5%
- Индонезия – 3%
- Иран – 2,5%
- Мексика – 1%

Суммарные субсидии в развитие генерации на ВЭС и СЭС к 2030 г. в 12 странах растут до 114-122 млрд долл.

Варианты динамики субсидий по видам генерации на ВЭС и СЭС по 12 странам



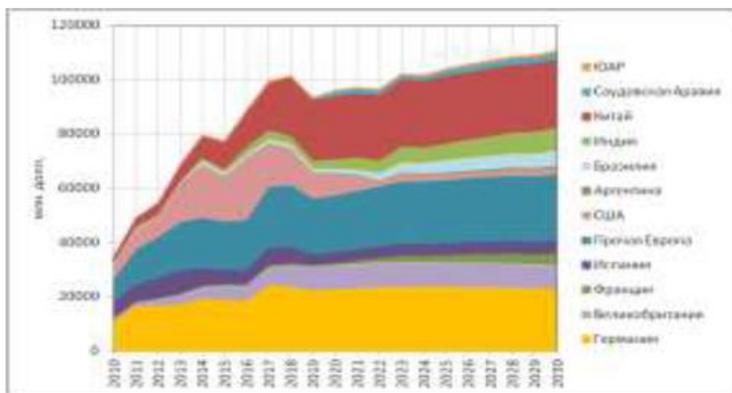
нижняя граница



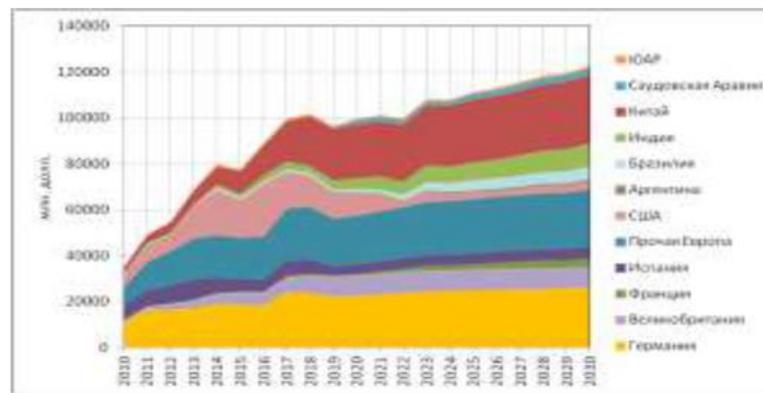
верхняя граница

Источник: Расчеты ЦЭНЭФ-ХХІ.

Варианты динамики субсидий на генерацию на ВЭС и СЭС по отдельным странам



нижняя граница

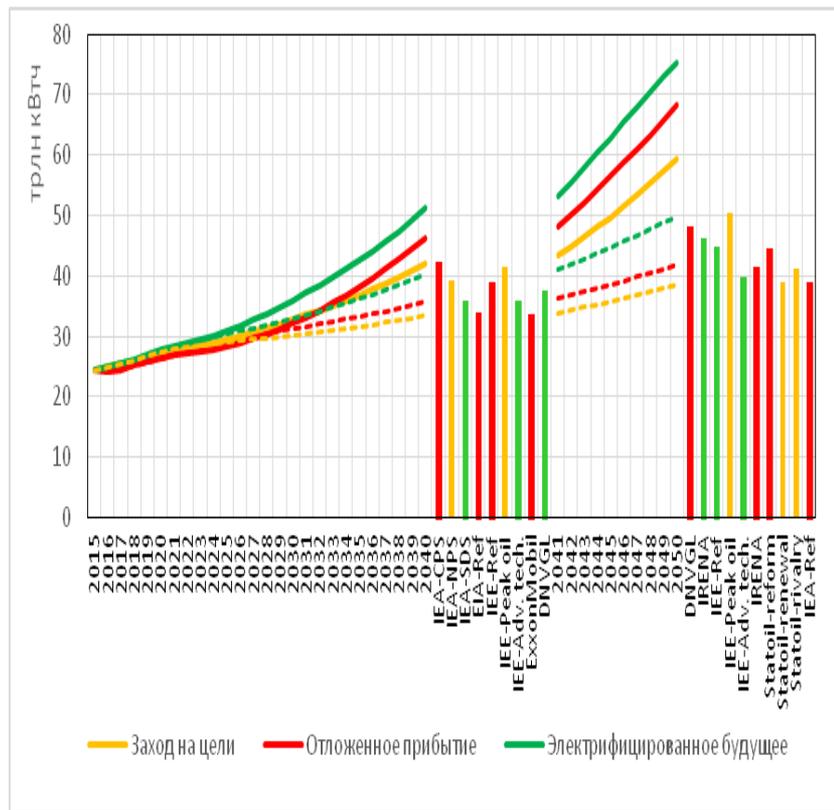


верхняя граница

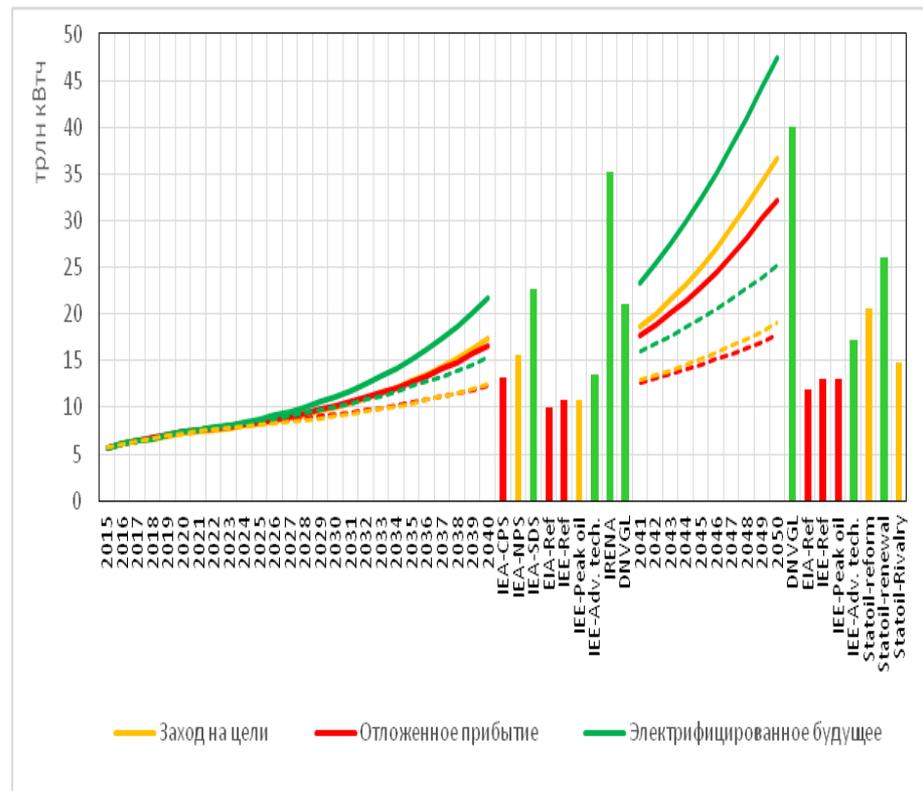
Источник: Расчеты ЦЭНЭФ-ХХІ.

Плюс электрификация всего мира. Спрос на электроэнергию будет динамично расти

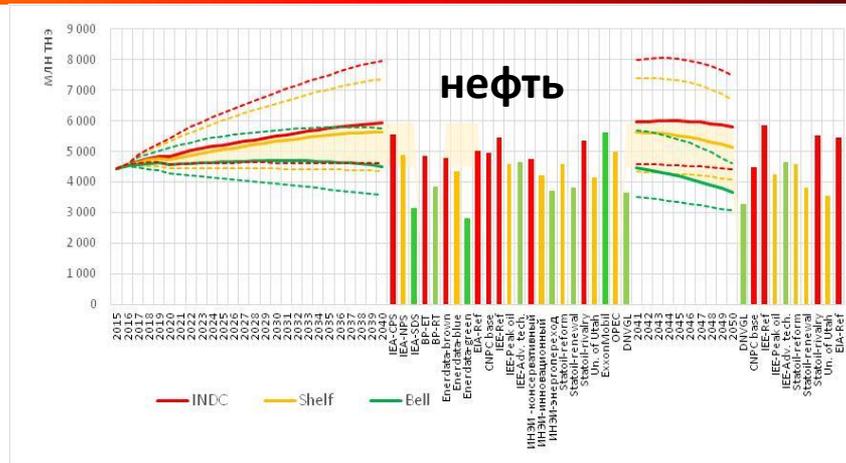
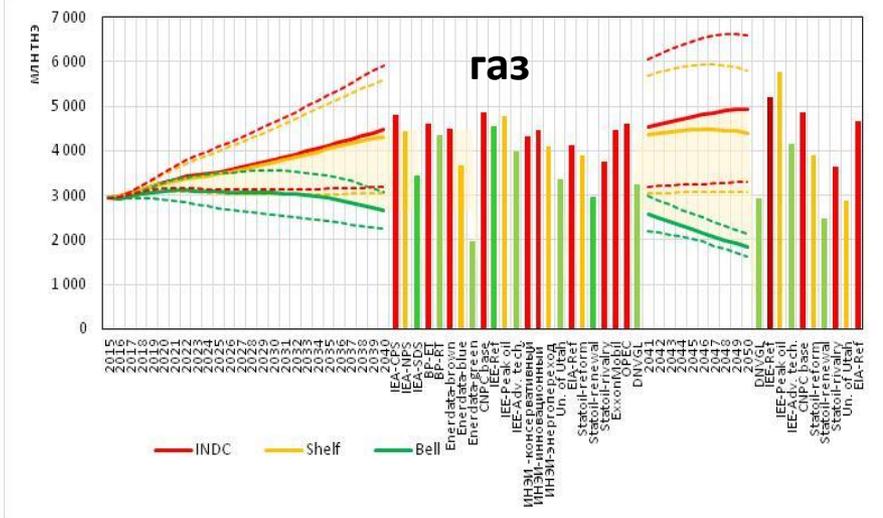
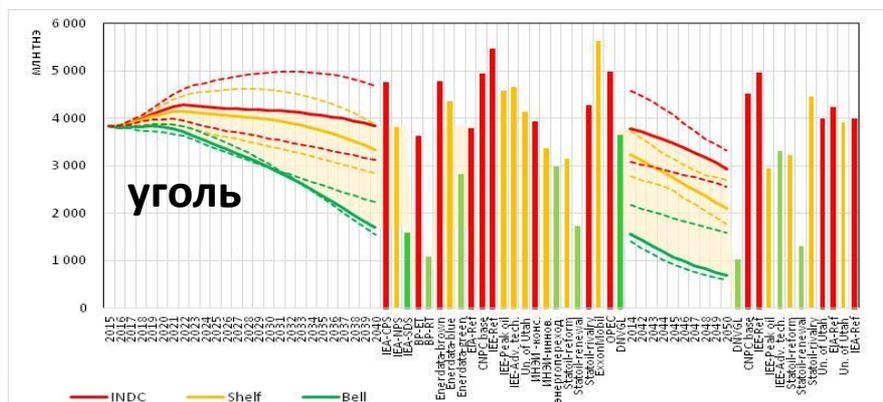
производство электроэнергии



производство электроэнергии на ВИЭ



Середина и вторая половина XXI века станут эпохой постепенного заката ископаемого топлива

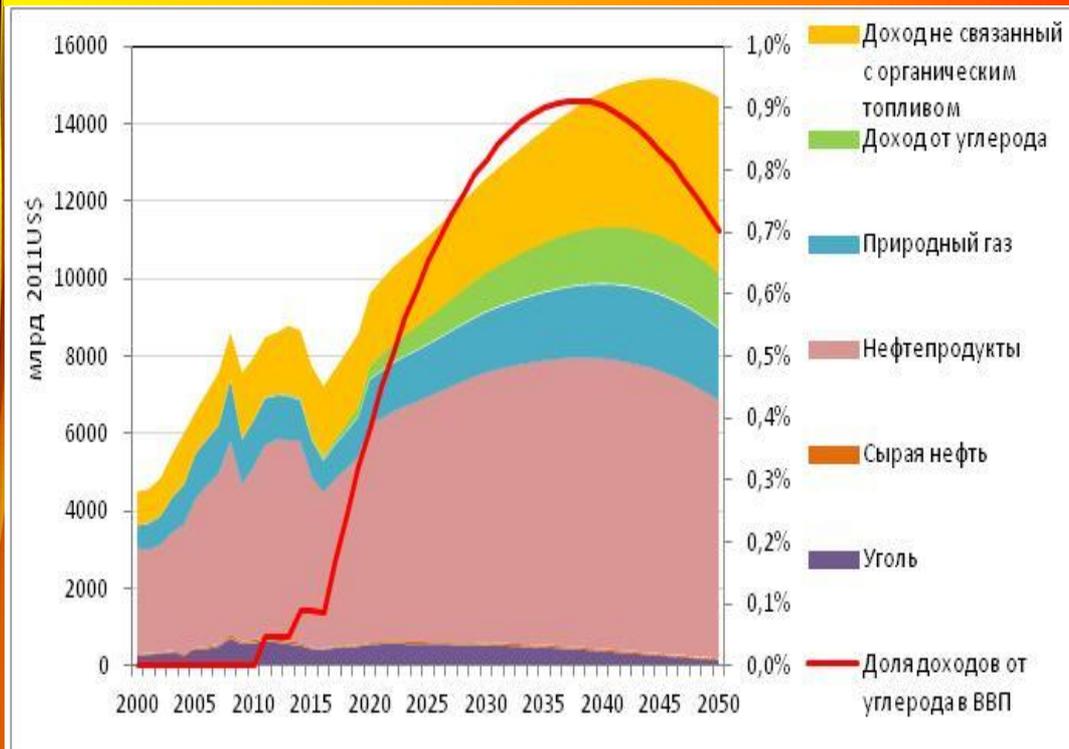


- Уголь – пик до 2035 г. Затем уголь уйдет и не вернется
- Пик потребления нефти при любом сочетании сценарных условий будет пройден еще до 2045 г. и с большой вероятностью не превысит 6 млрд тнэ
- Потенциальный рост потребления природного газа до 2050 г. с высокой вероятностью будет ограничен уровнем 5 млрд тнэ

Если России удастся сохранить свои ниши на мировых рынках, то эти траектории с соответствующим масштабированием можно рассматривать как траектории возможных объемов добычи топлива



Доходы экспортеров углеводородов оказываются зажатými в «низкоуглеродные тиски»

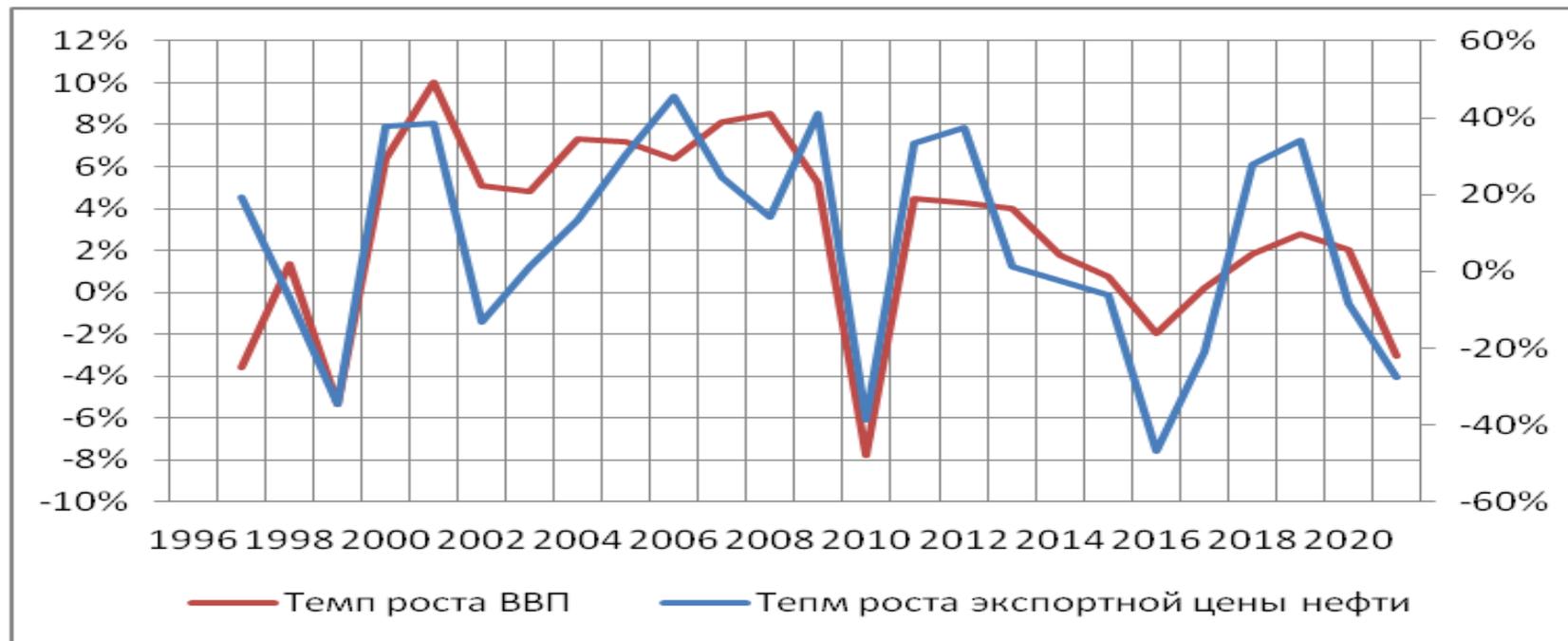


По оценкам МЭА, чистый доход (рента) России от нефтегазового сектора в 2018-2025 гг. (314 млрд долл. в ценах 2017 г.) будет ниже среднего уровня в 2010-2017 гг. (320 млрд долл.), а в 2026-2040 годах может как вырасти до 382 млрд долл. при среднем уровне цен на нефть, так и упасть до 274 млрд долл. при низких ценах.

- ➔ С одной стороны, все большая часть доходов поступает поставщикам ВИЭ
- ➔ С другой, происходит изъятие части ренты с помощью налога на углерод
- ➔ В перспективе существенно увеличить объемы российской добычи и экспорта нефти и природного газа не удастся. Устойчиво высоких цен на нефть также не будет
- ➔ Замыкающей ценой нефти со временем может стать цена электроэнергии



В 1996-2020 гг. Россия импортировала четыре кризиса. Суммарные потери ВВП превысили 20% (1998г., 2008 г., 2015-2016 гг. и 2020 г.), или 1% в год!!!



- При опоре на экспорт углеводородов параметры экономического роста России определяются за ее пределами!
- Основная часть платежей от природной и монопольной ренты поступает от экспорта углеводородов, поэтому российская экономика в значительной степени живет на «чужие деньги», а не на «деньги, заработанные дома». «Чужие деньги» кончились!
- ТЭК – «локомотив» роста, который часто дает задний ход



Прогресс экономики России нужно измерять по динамике нефтегазового ВВП

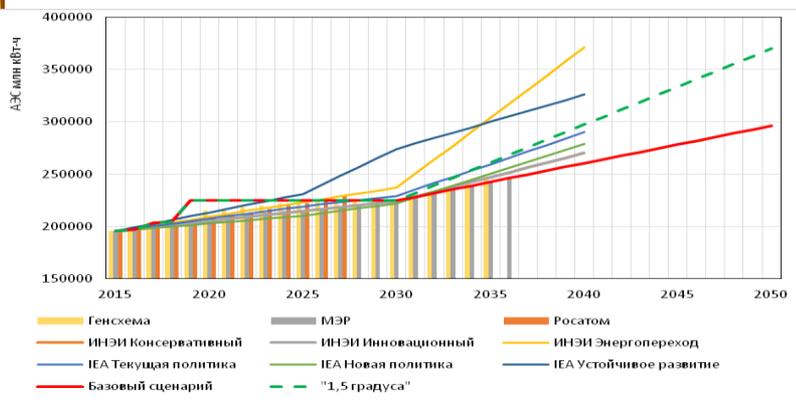


- Поддержание уровней добычи за счет существенного роста приростной капиталоемкости
- Рост доли налоговых льгот и падающий потенциал доходов бюджета на единицу добычи нефти и газа
- Выделение внешних факторов – внешний спрос на нефть и газ.
- Пики добычи и рыночные ниши
- Низкоуглеродные тиски

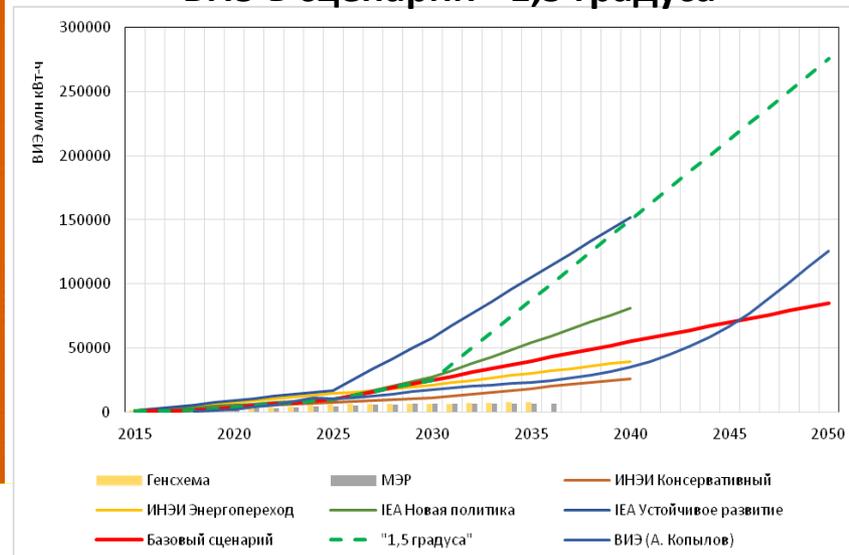


Выбор низкоуглеродных технологий в основном на нерыночных основах, но роль экономики начинает расти

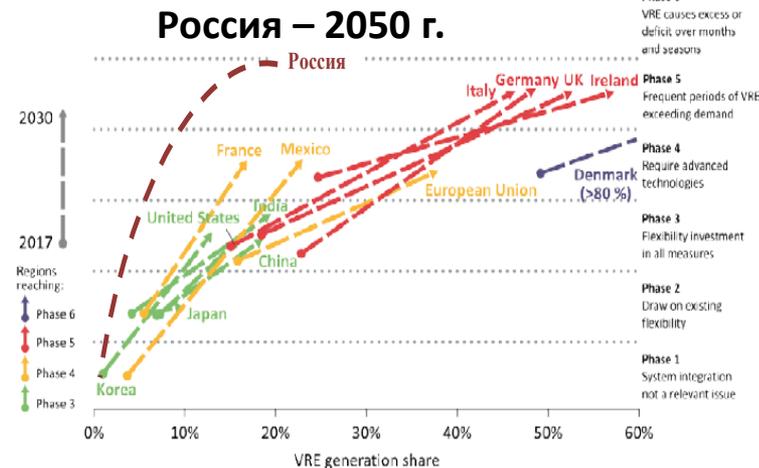
Объемы выработки электроэнергии на АЭС в сценарии «1,5 градуса»



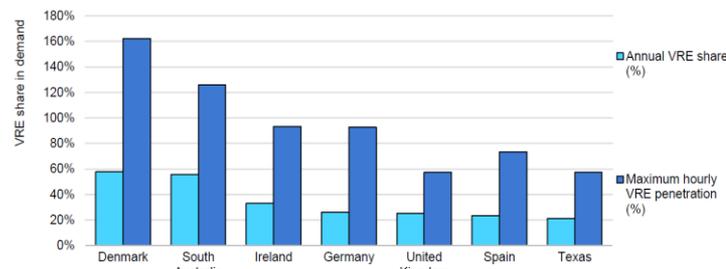
Объемы выработки электроэнергии на ВИЭ в сценарии «1,5 градуса»



Доля переменных ВИЭ на разных стадиях их интеграции в энергосистему, 2030 г.



Среднегодовые и максимальные часовые доли переменных ВИЭ (ВЭС и СЭС) в отдельных странах и регионах в 2019 г.



Source: IEA Analysis based on 2019 Renewable Energy Market Report

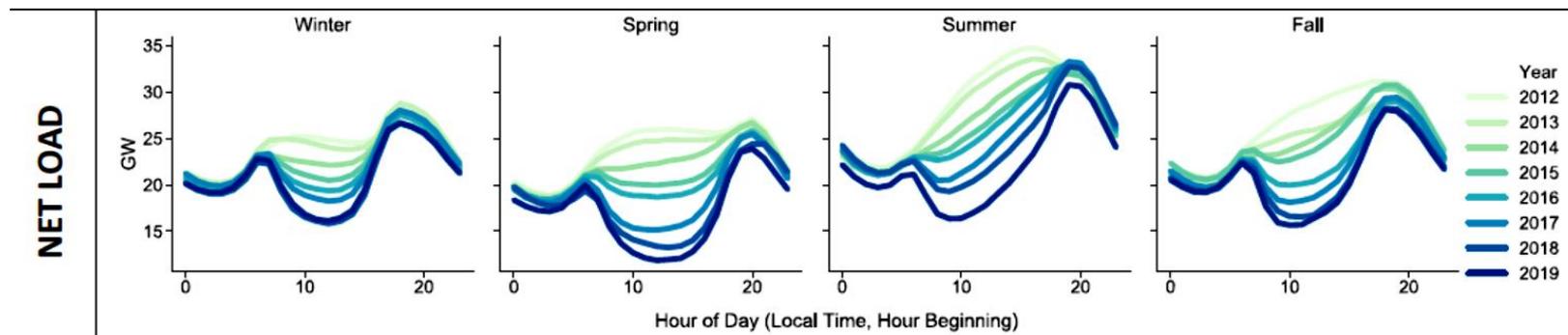
Влияние ПВИЭ на рынки электроэнергии будет расти по мере роста их доли

- ▶ Предпочтение будет отдаваться маневренным источникам
- ▶ Увеличится общий объем генерирующих мощностей, необходимых для поддержания стандартов надежности и качества электроэнергии
- ▶ Снизятся КИУМ всей энергосистемы
- ▶ Снизится КИУМ на угольных и газовых ТЭС
- ▶ Наибольшие экономические потери может понести угольная генерация и генерация на АЭС
- ▶ Увеличится объем вспомогательных системных услуг для поддержания необходимых параметров энергосистемы
- ▶ Формируются благоприятные условия для дополнительных инвестиций в развитие сетевого хозяйства
- ▶ Заметно изменятся временные и географические профили оптовых цен на электроэнергию
- ▶ Произойдет снижение оптовых цен на генерацию электроэнергии, но, возможно,кратно вырастут цены на вспомогательные энергосистемные услуги (обеспечение надежности, резервов для балансирования, обеспечения качества электроэнергии и др.).

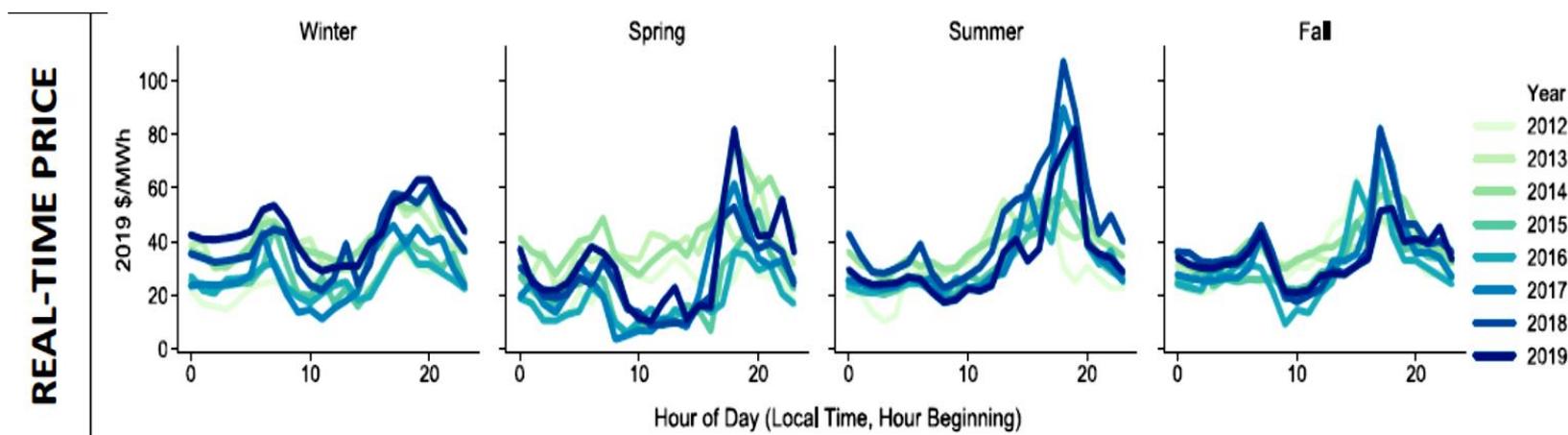


Влияние ПВИЭ на оптовые рынки электроэнергии

динамика «чистой» нагрузки в 2019 г. (за вычетом нагрузки покрываемой ВЭС и СЭС) на оптовом рынке CAISO (California Independent System Operator, Калифорния).



графики цен на оптовом рынке CAISO (California Independent System Operator, Калифорния)



Суточные графики цен сначала становятся более плоскими, а затем формируется «кривая утки» (*duck curve*) с провалом для традиционной генерации в часы максимума выработки ПВИЭ – от 8 до 16 часов.



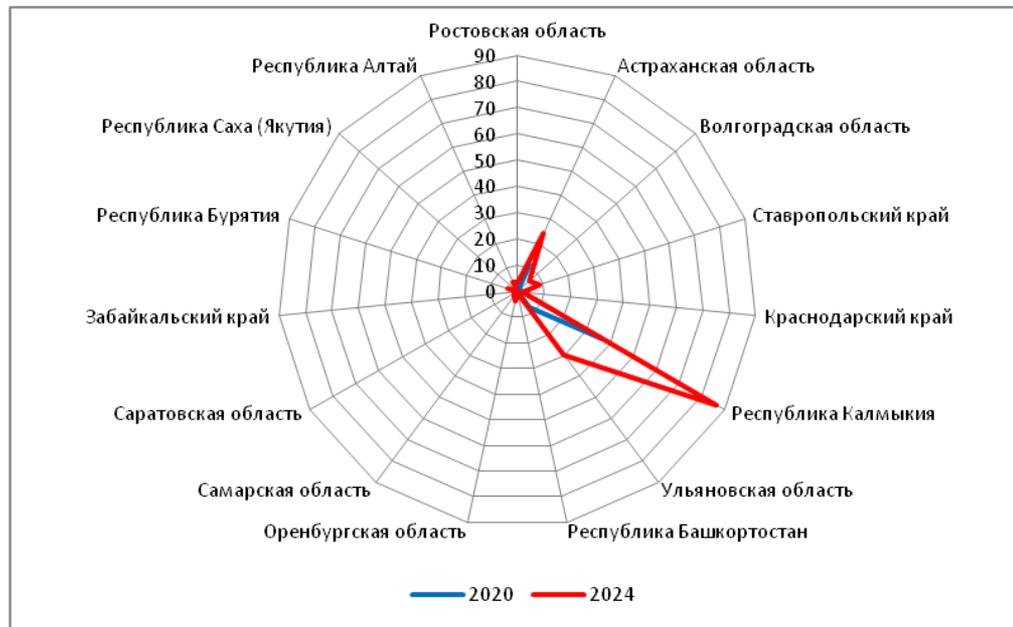
Новые модели для интеграции высоких долей ПВИЭ на рынке только формируются

- ▶ Окончательных решений еще нет. Но от них будет существенно зависеть рост вклада ВИЭ в объемы генерации электроэнергии
- ▶ Будущее рынков электроэнергии зависит от перспектив их децентрализации за счет развития распределенной генерации
- ▶ За разделением бизнеса вертикально интегрированных компаний на генерацию, сетевой сегмент и сбыт последовало разделение операций многих компаний на производство ВИЭ и традиционную генерацию
- ▶ Энергокомпании оказывают все больше услуг конечным потребителям, включая не только привлекательные схемы биллинга и тарифы, но и помощь в реализации проектов по повышению энергоэффективности, управлению спросом и другие услуги
- ▶ Нынешние бизнес-модели в электроэнергетике будут меняться также за счет роста роли:
 - ▶ просьюмеров;
 - ▶ поставщиков системных услуг, связанных с необходимостью интеграции высокой доли ПВИЭ;
 - ▶ агрегаторов, управляющих установками распределенной энергетики



В 5 субъектах РФ выработка на ВИЭ в 2024-2025 гг. будет близка (или превысит) 1 млрд кВт-ч

- ➡ По доле ВИЭ в генерации беспорным лидером станет Республика Калмыкия (86%)
- ➡ За ней следуют:
 - ➡ Ульяновская (30%) и
 - ➡ Астраханская (24%) области.
- ➡ В этих регионах доля ВЭС и СЭС в генерации превысит нынешний уровень Германии.

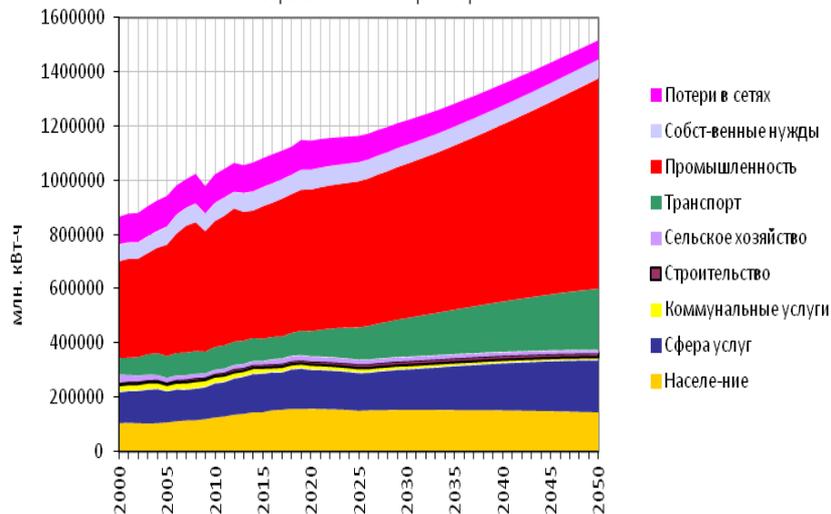


- ➡ В России опыт интеграции больших объемов ПВИЭ в энергосистемы отсутствует
- ➡ Однако условия для его накопления начинают создаваться

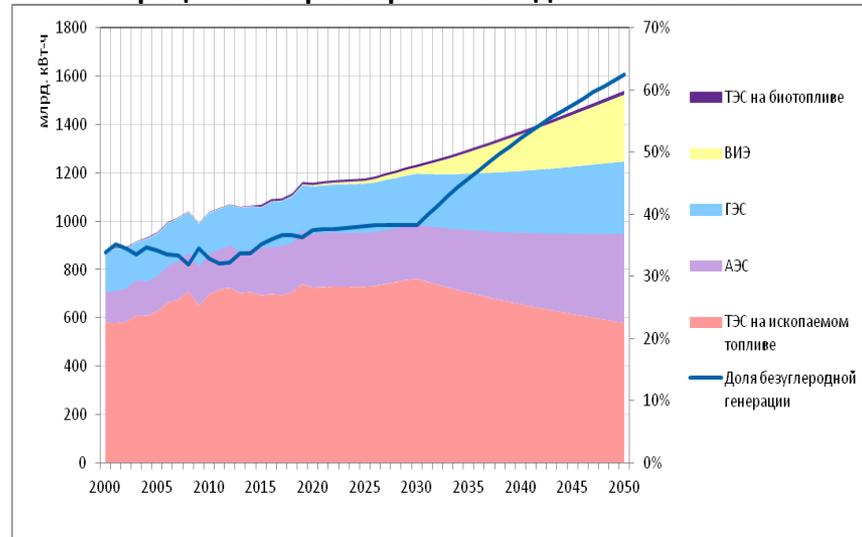


Динамика и структура производства и потребления электроэнергии в сценарии «1,5 градуса»

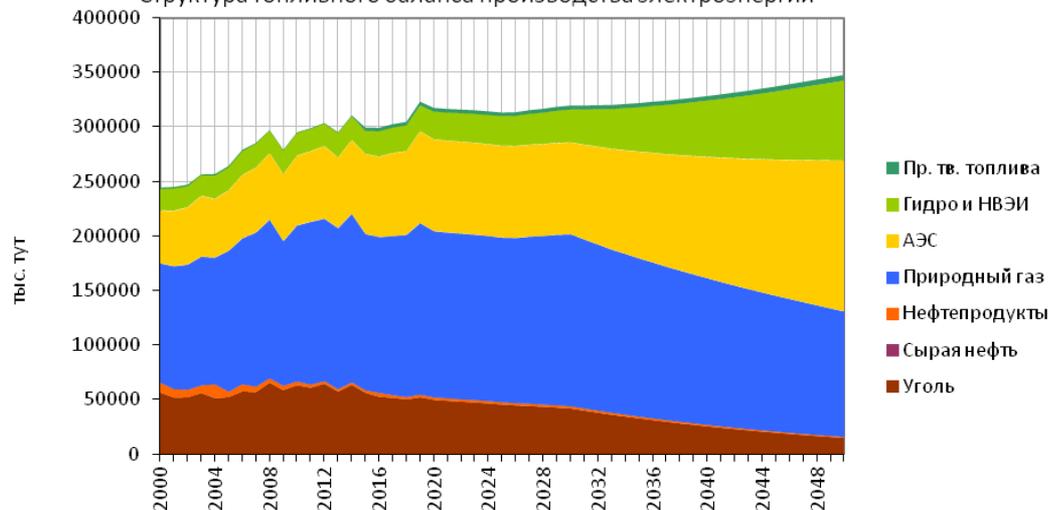
Потребление электроэнергии



генерация электроэнергии по видам источников

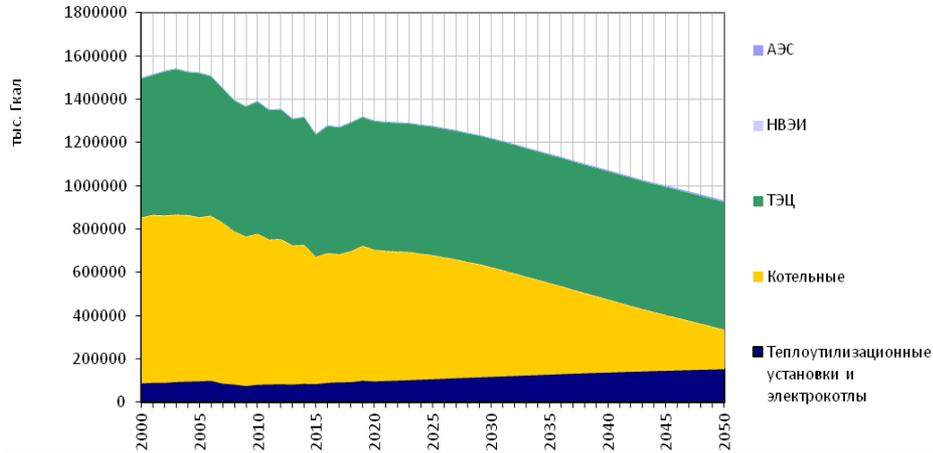


Структура топливного баланса производства электроэнергии

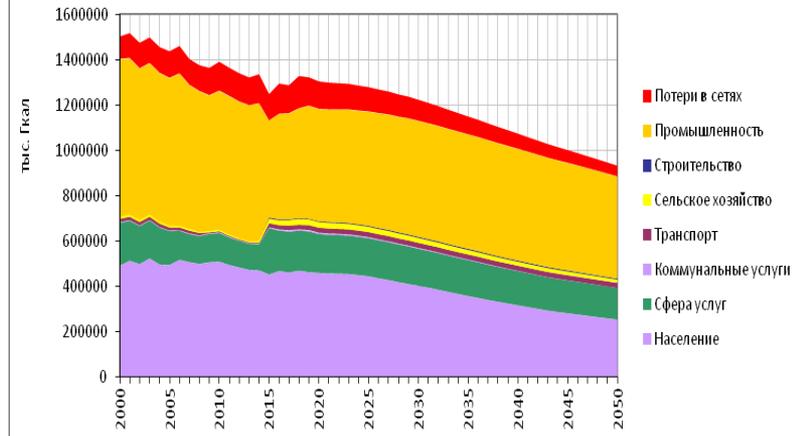


Рыночная ниша для теплофикации при низкоуглеродных траекториях не растет

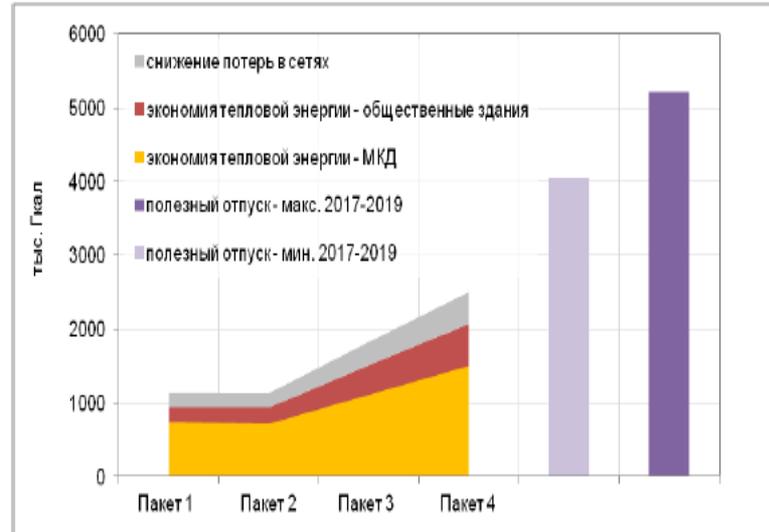
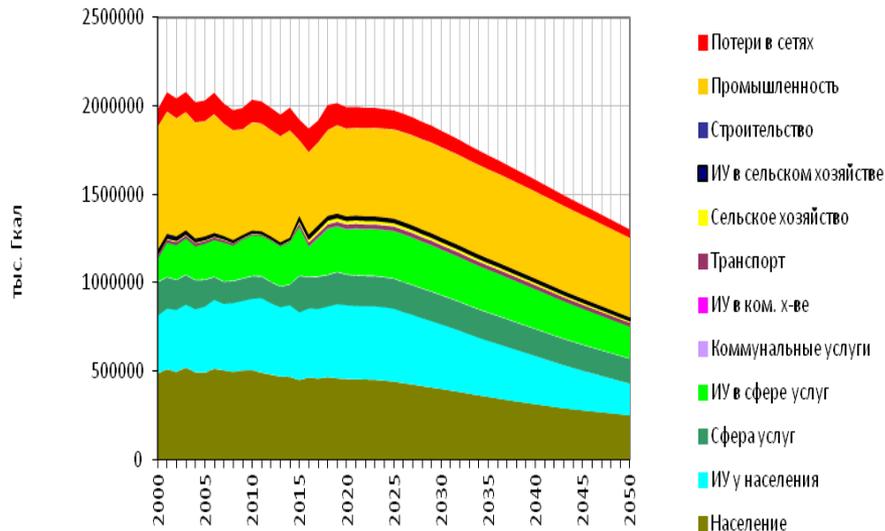
Структура производства тепла



Потребление тепла от централизованных источников



Потребление тепла от всех источников



экономию тепловой энергии за счет реализации четырех пакетов мер



На горизонте 25-30 лет централизованные системы теплоснабжения будут преобразованы в четвертое поколение систем теплоснабжения

Они должны быть способны обеспечить:

- отопление и горячее водоснабжение существующих, отремонтированных, реконструированных и новых зданий с повышенными характеристиками теплозащиты за счет использования низкотемпературного теплоносителя;
- распределение тепла с низкими потерями тепловой энергии;
- интегрировать:
- в систему тепловую энергию от низкотемпературных возобновляемых источников, таких как солнечные и геотермальные;
- системы теплоснабжения в общую концепцию интеллектуальных энергетических систем (т.е. интеллектуальных систем электроснабжения и газоснабжения), включая интеллектуальные системы холодоснабжения 4-го поколения.

Для их создания необходимо формировать долгосрочные стратегии развития, основанные на долгосрочных стратегиях инвестиций в преобразование систем.



Спасибо!

Igor Bashmakov
Center for energy efficiency -XXI

www.cenef.ru 8 (499) 120-9209

We spend our energy to save your's!

