

# Технологические возможности и экономические последствия развития электроэнергетики и теплоснабжения России при различных вариантах углеродного регулирования

Веселов Федор, к.э.н.

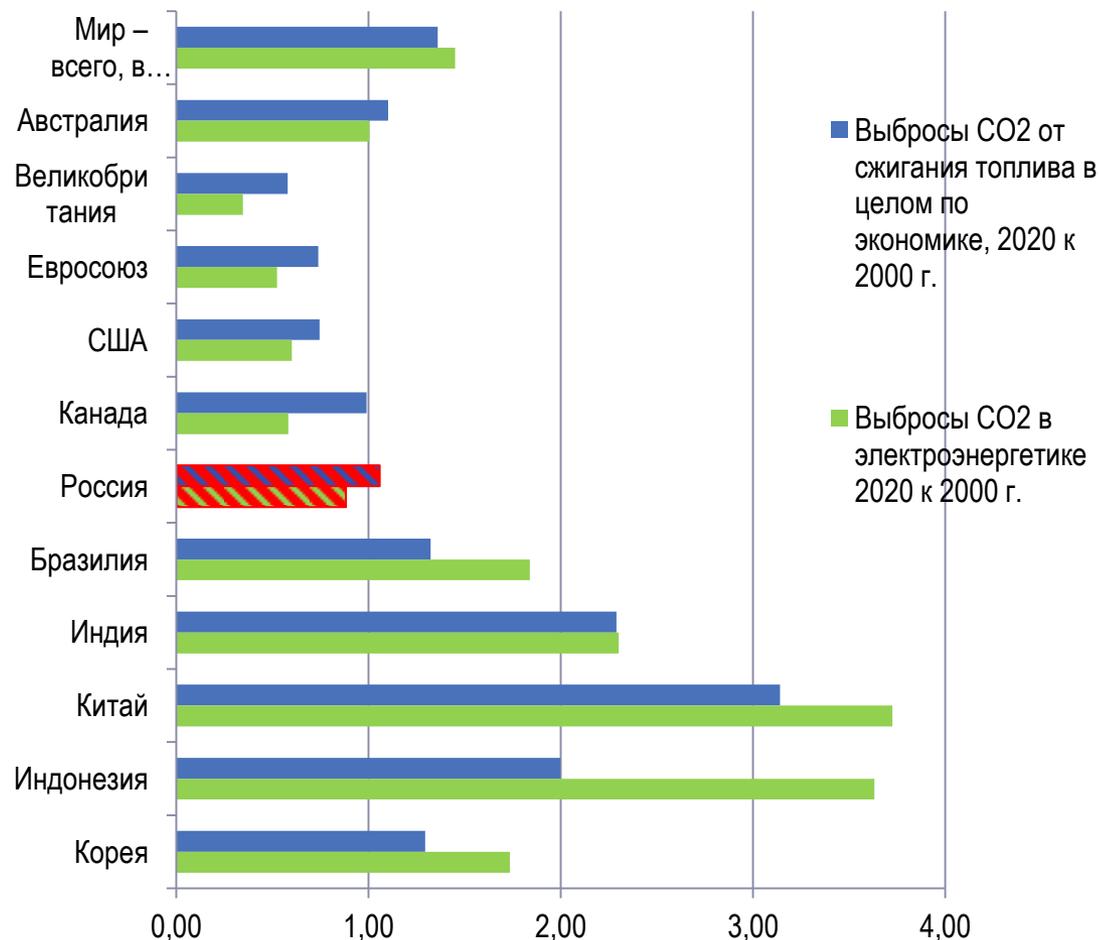
Хоршев Андрей, к.э.н.

Научно-практическая конференция «Национальная система мониторинга климатически активных веществ: проблемы и решения»

Москва, ноябрь 2023 г.



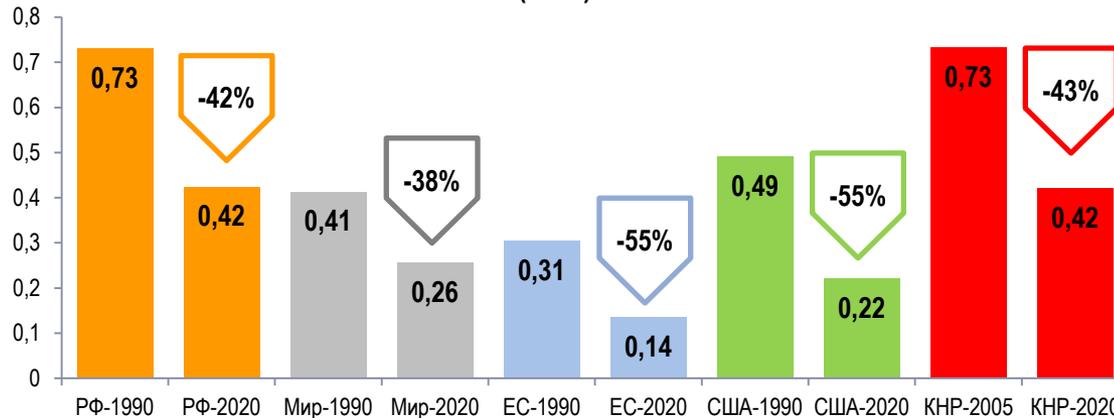
**Изменение выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания топлива в экономике и электроэнергетике стран с 2000 по 2020 гг., раз**



- В мире прослеживается две тенденции изменения объемов выбросов CO<sub>2</sub> от энергетического использования топлива.
- Развитые страны
  - снижение общего объема выбросов CO<sub>2</sub>
  - опережающее снижение выбросов CO<sub>2</sub> от электростанций
- Развивающиеся страны
  - рост общего объема выбросов CO<sub>2</sub>
  - опережающий рост выбросов CO<sub>2</sub> от электростанций

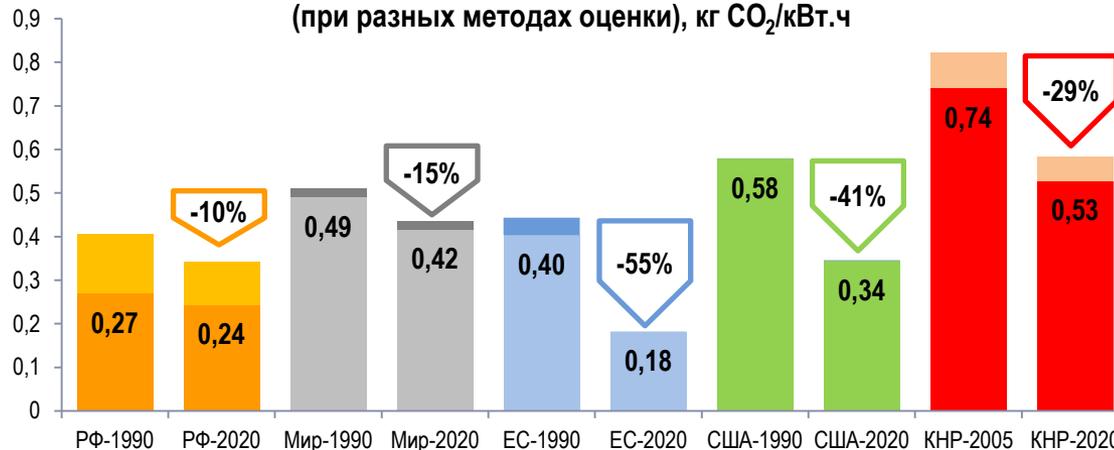
# Электроэнергетика России – «попутная» декарбонизация

Изменение углеродной интенсивности ВВП, кг CO<sub>2</sub>/долл. 2015 г. (ППС)



Источник: данные IEA,

Изменение углеродной интенсивности электроэнергии в России и мире (при разных методах оценки), кг CO<sub>2</sub>/кВт.ч



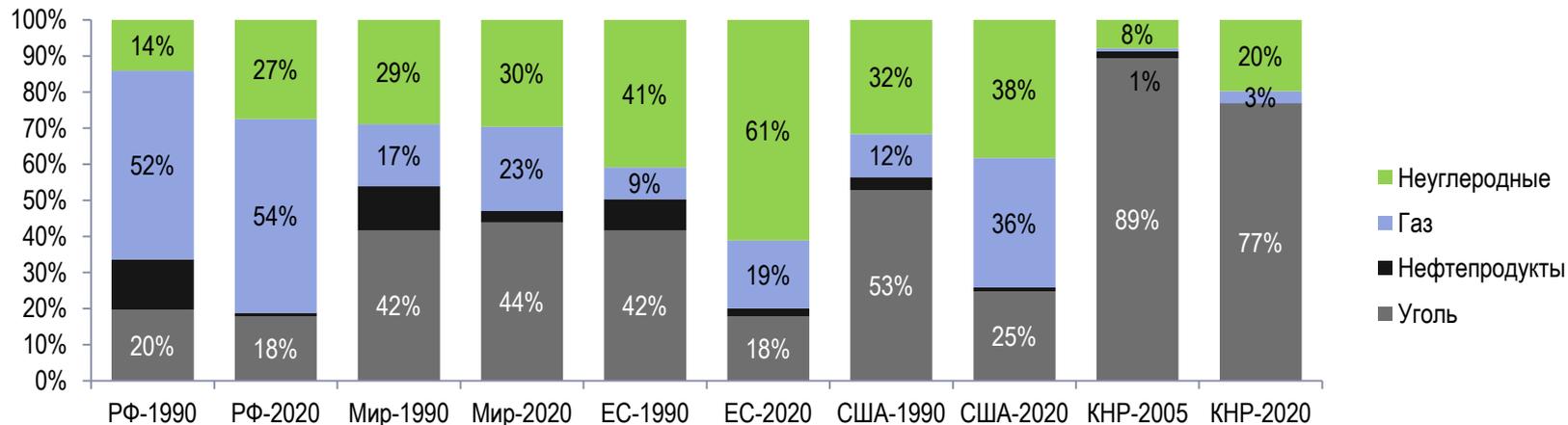
Источник: расчет ИНЭИ РАН по данным IEA

- За 20 лет снижение удельных выбросов CO<sub>2</sub> на единицу ВВП России сопоставимо с мировыми показателями

- Наиболее интенсивное снижение наблюдалось в первой декаде 21 века
- Начиная с 2013 года показатель остается достаточно стабильным

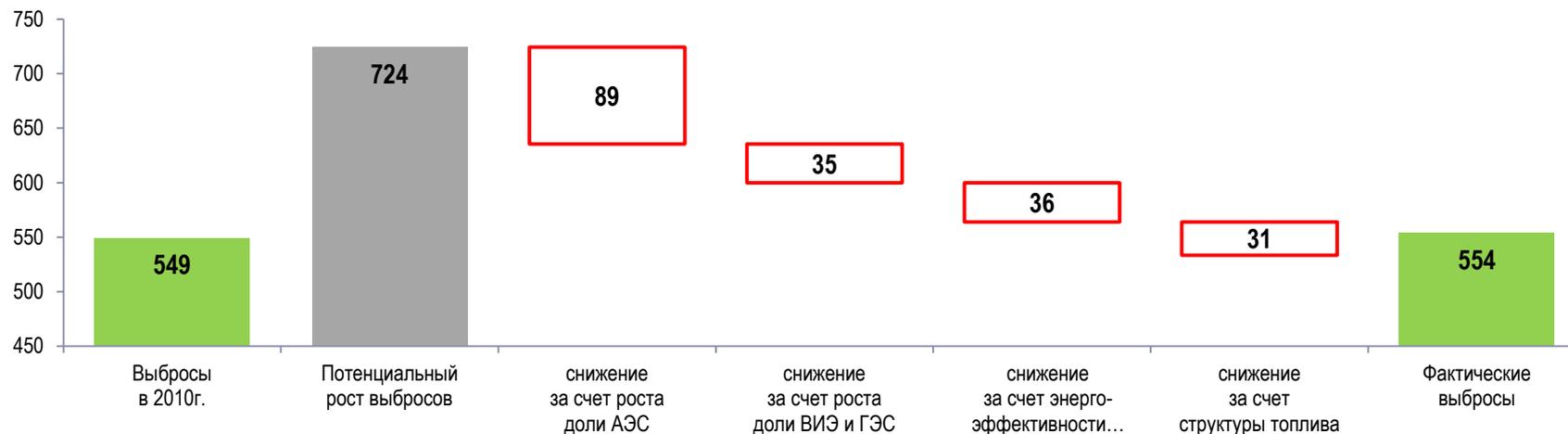
- Уже достигнутый низкий уровень углеродной интенсивности производства электроэнергии в РФ обеспечен уникальным сочетанием газа и нетопливных энергоресурсов, доминирующих в электроэнергетике, а также высокой долей теплофикации (ТЭЦ составляют около 50% всех тепловых электростанций)

## Структура потребления первичной энергии в электроэнергетике России и мира



Источник: данные IEA

## Вклад различных факторов в сдерживание выбросов CO<sub>2</sub> в ЭЭС России с 2010 по 2021 гг., млн т CO<sub>2</sub>



Источник: анализ ИНЭИ РАН

Источник: CO ЭЭС

# Электроэнергетика России: декарбонизация – не цель, но важный фактор развития

## Технологические направления развития электроэнергетики, способствующие снижению выбросов CO<sub>2</sub>:

- повышение эффективности использования газа на ТЭС (ГТУ и ПГУ технологии, теплофикация)
- дальнейшее увеличение доли неуглеродных источников электроэнергии (ГЭС, АЭС, ВИЭ)
- замещение угольных ТЭС и котельных газовыми, прежде всего - в восточной части страны, по мере расширения зоны газификации
- улавливание выбросов CO<sub>2</sub> на реконструируемых и новых газовых и угольных ТЭС, оснащенных системами CCS



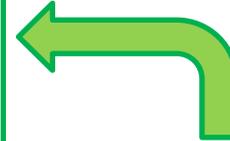
## Механизмы реализации

- Квотирование выбросов (в т.ч. по секторам)
- Углеродные платежи



## Обоснование эффективных вариантов развития электроэнергетики (с учетом централизованного теплоснабжения):

- оптимизация технологической структуры мощностей и производства эл.энергии и центр.тепла
- уточнение оптимальных параметров с учетом внутригодовых и внутрисуточных режимов производства и потребления
- финансово-экономическая оценка (инвестиции и цены)



## Стратегическое целеполагание и параметры декарбонизации экономики:

- Климатическая доктрина
- Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов
- Долгосрочная цель по достижению углеродной нейтральности
- Национальные обязательства (NDC) в рамках реализации Киотского протокола

## Электроэнергетика России при введении квот на выбросы CO<sub>2</sub>

- Принятая в 2021 году Стратегия социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (СНУР-2050) предполагает к 2050 году:
  - снижение объема реальных выбросов ПГ на **13,6%** отн. уровня 2019 г.
  - снижение нетто-выбросов на 60% за счет увеличения объемов поглощения ПГ экосистемами в 2,2 раза
- Если заявленная динамика поглощения не будет достигнута, потребуется более существенное снижение реальных выбросов ПГ
  - при сохранении поглощения на уровне 2019 г. в 2050 г. они должны снизиться на **45%**

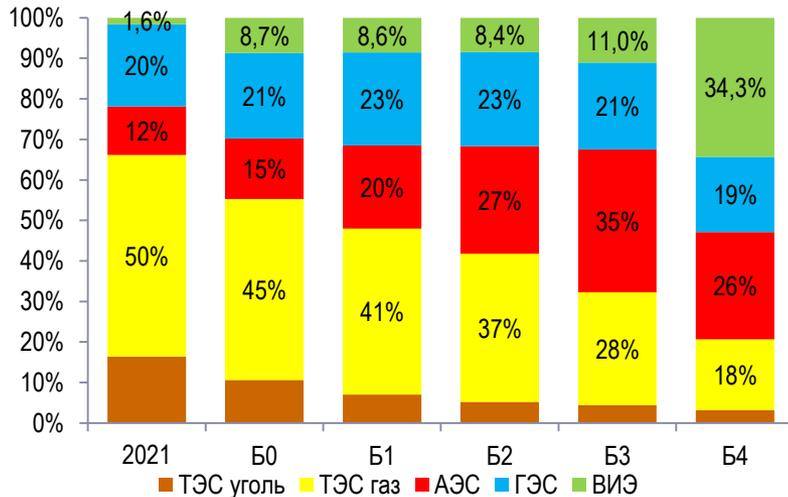
- В электроэнергетике в период до 2030 года выбросы ПГ будут расти с учетом совокупности факторов:
  - продолжающийся рост спроса
  - ограниченный объем вводов АЭС и ГЭС, а также ВИЭ-электростанций
  - вывод из эксплуатации ряда блоков АЭС
  - масштабная программа модернизации действующих ТЭС с сохранением прежней тепловой экономичности
  - отложенные планы по переходу на ПГУ в условиях ухода внешних поставщиков и сроков массового появления российских ГТУ

- Однако к 2040 году можно рассматривать широкий диапазон вариантов с целевым снижением выбросов (в % к уровню 2019 г.)

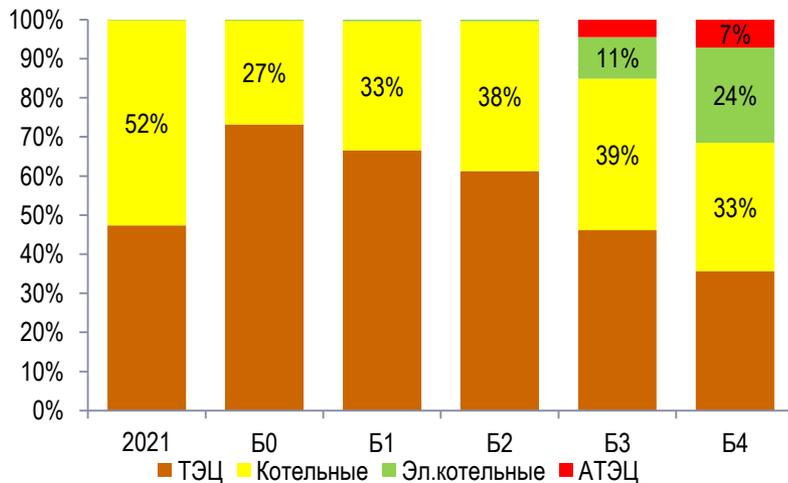
Варианты	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Базовый (Б0) – без квотирования выбросов	108	106	103	102
Б1 (СНУР-2050)	-	100	94	86
Б2 (-25% в 2050)	-	95	87	75
Б3 (-40% в 2050)	97	90	76	60
Б4 (-50% в 2050)	97	78	62	50

# Электроэнергетика России при введении квот на выбросы CO<sub>2</sub>

## Структура генерирующей мощности в ЕЭС России в 2050 г.



## Структура отпуска централиз.тепла в 2050 г.

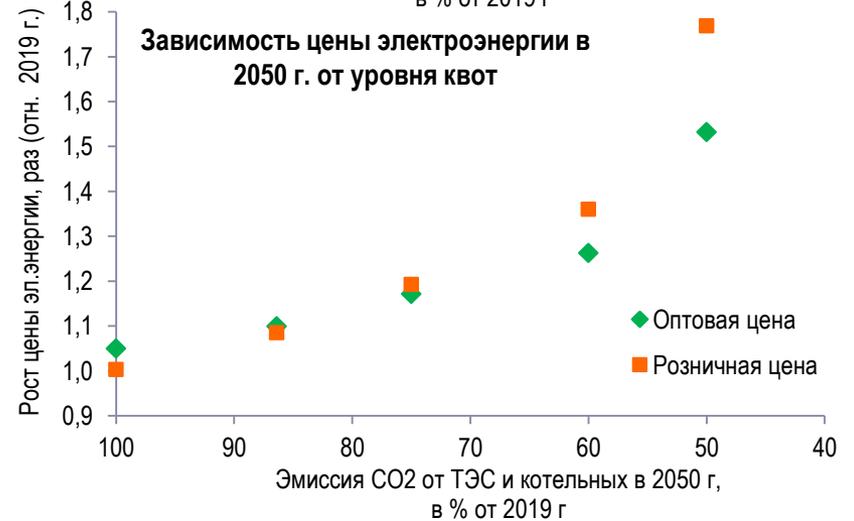
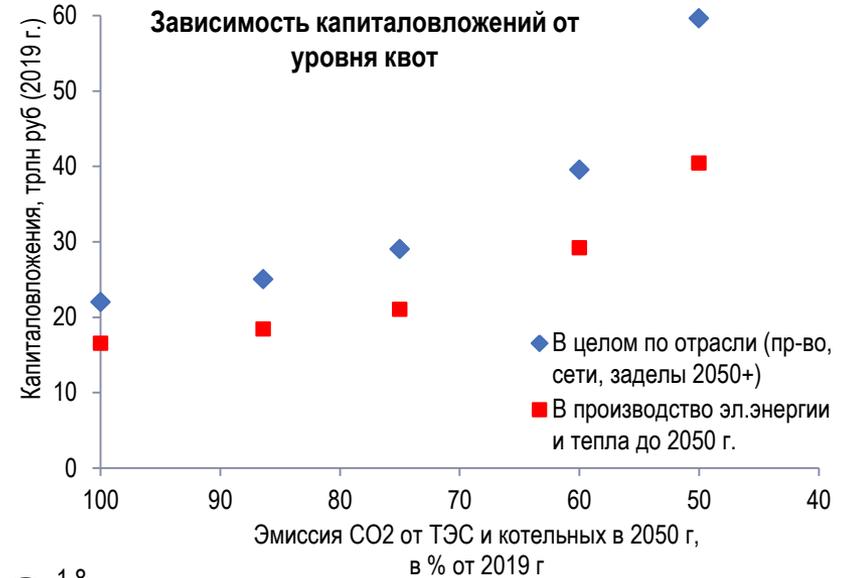
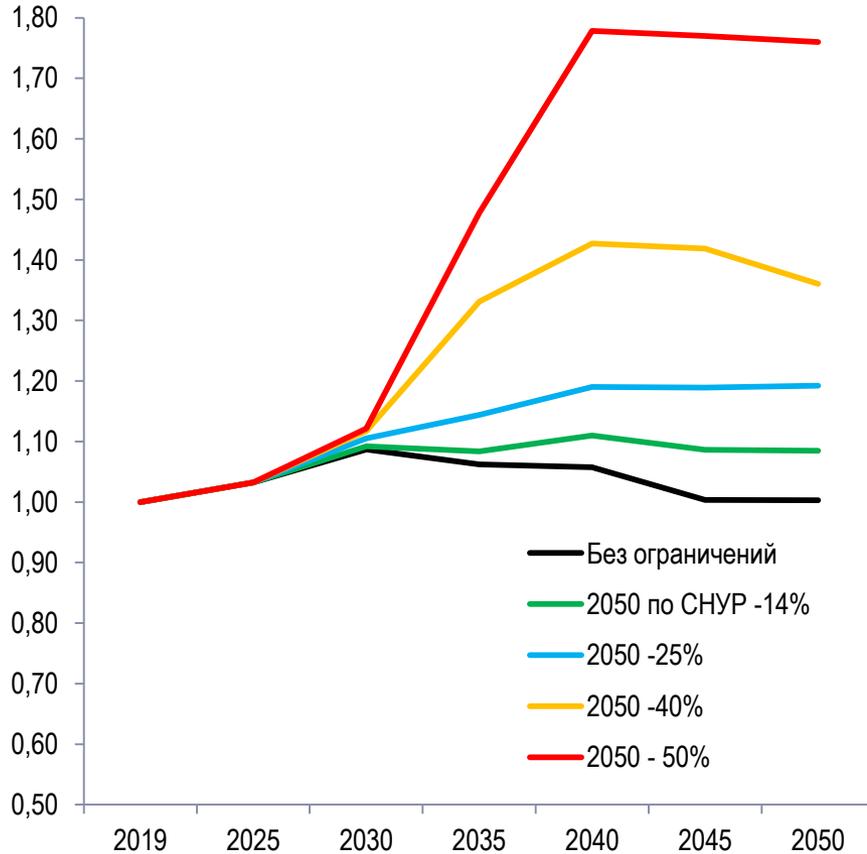


Показатели 2050 года	Б0	Б1	Б2	Б3	Б4
Целевое снижение эмиссии CO <sub>2</sub> от ТЭС и котельных, в % от отчетного (для Б0 – достигаемое значение)	+2	<b>-13,6</b>	<b>-25</b>	<b>-40</b>	<b>-50</b>
Доля безуглеродных источников в производстве эл.энергии (АЭС, ГЭС, ВИЭ), %	42,9	53,9	64,4	77,3	84,1
Доля безуглеродных источников в производстве тепла (эл.котел. И АТЭЦ), %	0,3	0,3	0,4	0,4	31,5
Изменение спроса на газ ТЭС и котельных, в % от отчетного	-1,7	<b>-8,3</b>	<b>-18,3</b>	<b>-37,7</b>	<b>-53,6</b>
Изменение спроса на уголь ТЭС и котельных, в % от отчетного	4,6	<b>-36,8</b>	<b>-57,8</b>	<b>-68,7</b>	<b>-70,3</b>

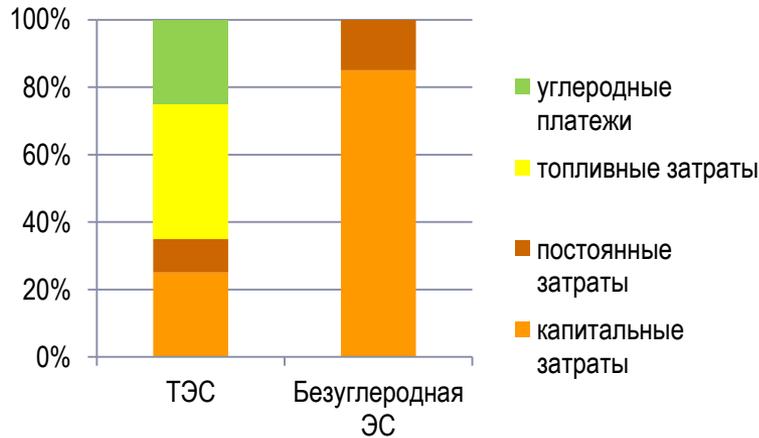
	Б0	Б1	Б2	Б3	Б4
Доп. рост установленной мощности электростанций в 2050 г., в % от базового варианта	-	1,4	2,9	11,6	55,1
Прирост суммарных капиталовложений на развитие электро- и теплогенерации, в % от базового варианта	-	<b>12</b>	<b>27</b>	<b>77</b>	<b>145</b>
Прирост суммарных дисконтированных затрат, в % от базового варианта	-	<b>0,5</b>	<b>1,3</b>	<b>4,9</b>	<b>11,3</b>

# Электроэнергетика России при введении квот на выбросы CO2

Изменение цены среднеотпускной электроэнергии при различных уровнях квот на выбросы CO2



# Электроэнергетика России при введении углеродных платежей



- Плата за выбросы CO<sub>2</sub> резко снижает конкурентоспособность источников электроэнергии и тепла на органическом топливе и повышает привлекательность проектов с низким или нулевым выбросом CO<sub>2</sub>, **но при общем увеличении стоимости электроэнергии**
- В 2023 году стоимость единицы выбросов составила 85-95 долл/т CO<sub>2</sub> в ЕС и Великобритании, 15-30 в США, около 45 в Японии, 5-15 в Китае

Допущения по ставкам углеродных платежей в WEO-2023, долл/т CO<sub>2</sub>

	Stated Policies Scen	Announced Pledges Scen	Net Zero 2050 Scen
Развитые страны, реализующие цели по достижению углеродной нейтральности	130-150	200	250
Развивающиеся страны, рассматривающие цели по достижению углеродной нейтральности	50	160	180-200

Источник: World Energy Outlook 2023, IEA

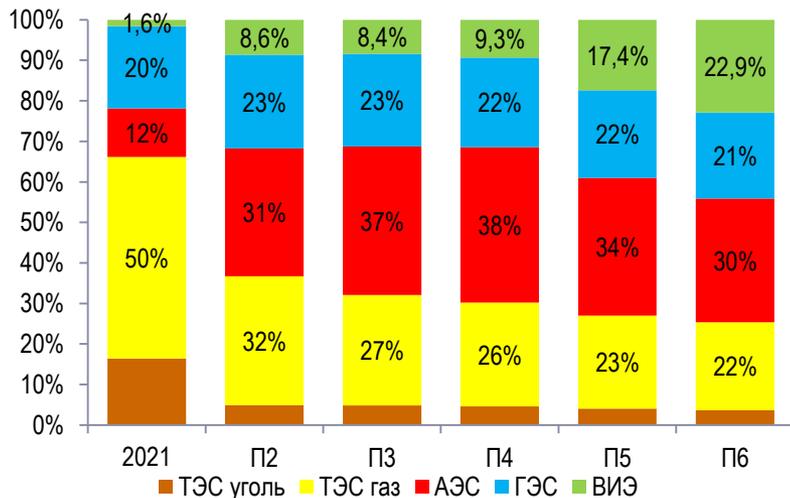
- К 2050 году можно рассматривать широкий диапазон вариантов с кратной разницей в ставке углеродных платежей в России, долл/т CO<sub>2</sub>

Варианты	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Базовый (Б0) – без платы за выбросы	-	-	-	-	-
П1	25	25	25	25	25
П2	25	31	38	44	50
П3	25	44	62	81	100
П4	38	66	94	122	150
П5	50	88	125	162	200
П6	75	119	162	206	250

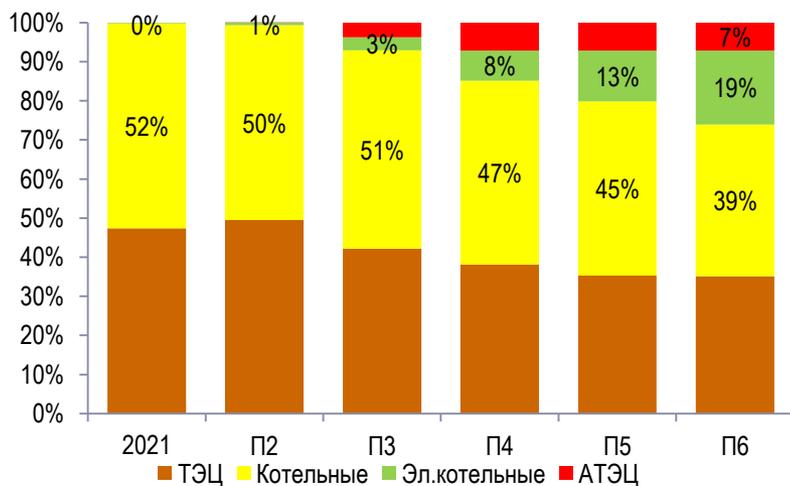
Источник: анализ ИНЭИ РАН

# Электроэнергетика России при введении углеродных платежей

## Структура генерирующей мощности в ЕЭС России в 2050 г.



## Структура отпуска централиз.тепла в 2050 г.



Показатели 2050 года	П2	П3	П4	П5	П6
Ставка углеродного платежа, долл/т CO2	50	100	150	200	250
Достижимое снижение эмиссии CO2 от ТЭС и котельных, в % от отчетного	-30	-38	-43	-46	-49
Доля безуглеродных источников в производстве эл.энергии (АЭС, ГЭС, ВИЭ), %	71,2	77,8	80,4	82,1	82,3
Доля безуглеродных источников в производстве тепла (эл.котел. и АТЭЦ), %	0,7	7,1	14,9	20,1	26,1
Изменение спроса на газ ТЭС и котельных, в % от отчетного	-29	-39	-44	-48	-50
Изменение спроса на уголь ТЭС и котельных, в % от отчетного	-61	-63	-68	-68	-69

	П2	П3	П4	П5	П6
Доп. рост установленной мощности электростанций в 2050 г., в % от базового варианта	2,0	3,7	8,3	22,2	36,2
Прирост суммарных капиталовложений на развитие электро- и теплогенерации, в % от базового варианта	41	65	88	113	142
Прирост суммарных дисконтированных затрат, в % от базового варианта	2,5	5,0	7,5	10,2	14,0

## Электроэнергетика России: декарбонизация – не цель, но важный фактор развития

- Электроэнергетика России – крупнейший эмитент CO<sub>2</sub>, но и крупнейший внутренний потребитель газа и угля
  - Существующая технологическая структура обеспечивает низкий уровень углеродной интенсивности производства электроэнергии
  - Развитие отрасли «по тенденции», но с учетом эффективной конкуренции технологий, позволит к 2050 г. вернуться на отчетный уровень выбросов CO<sub>2</sub> при стабильной цене электроэнергии
- В российских условиях наиболее эффективными направлениями снижения выбросов CO<sub>2</sub> являются: массовое обновление оборудования газовых ТЭС, атомная и гидроэнергетика. Наиболее дорогими (но востребованными в сценариях сильной декарбонизации являются ВИЭ, CCS, атомная теплофикация и электротопление)
  - Выполнение среднестранового требования СНУР по снижению выбросов от ТЭС и котельных на 13,6% реализуется при умеренных структурных изменениях и приемлемой дополнительной инвестиционной и ценовой нагрузке
- Однако выполнение более жестких требований по снижению выбросов (технически возможному) будет сопровождаться быстрым, нелинейным ростом капиталовложений и стоимости электроэнергии для потребителей
- Углеродные платежи могут эффективно менять условия межтопливной конкуренции. Однако этот эффект весьма нелинеен. При плате 50 долл/т CO<sub>2</sub> выбросы в электроэнергетике и теплоснабжении могут снизиться на 30% к 2050 г. Однако переход к снижению до 40-50% потребует роста платы до 150-250 долл/т CO<sub>2</sub>
- Отдельной проработки требует вопрос эффективного перераспределения углеродных платежей от ТЭС и котельных для решения задач декарбонизации в рамках всей экономики страны.

**Институт энергетических исследований РАН**

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

[info@eriras.ru](mailto:info@eriras.ru), [erifedor@mail.ru](mailto:erifedor@mail.ru)

**Спасибо за внимание!**