

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ СЕКТОРАЛЬНЫХ КВОТ НА ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, КАК СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ

Хоршев А.А., Ерохина И.В., Панкрушина Т.Г.

**Институт энергетических исследований Российской
академии наук**

XVI международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем»
(MLSD'2023)

Москва, 28 сентября 202 г.



*Исследование выполнено
при поддержке гранта РФФ
(проект №21-79-30013)*

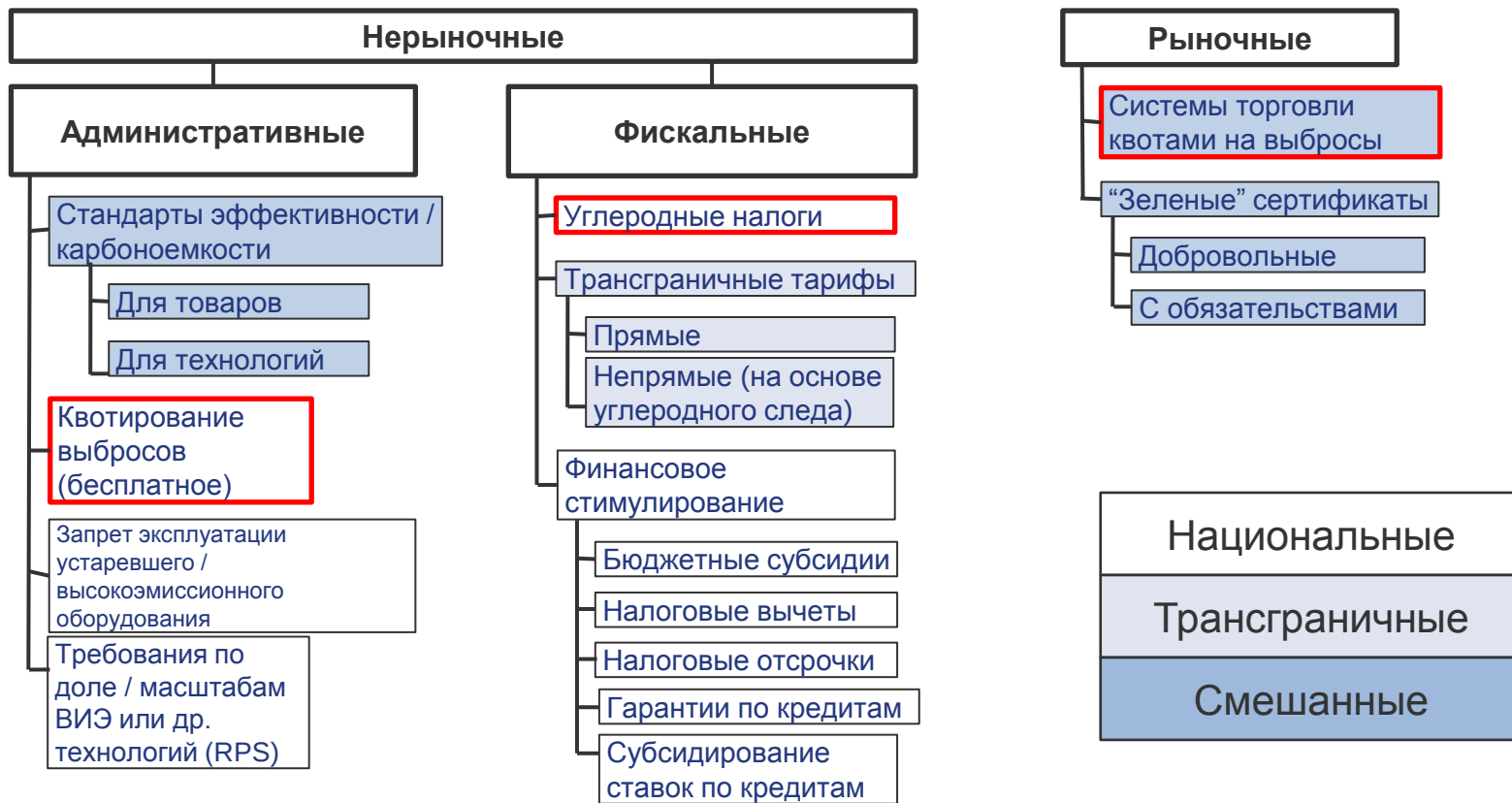
Ведущая роль электроэнергетики в декарбонизации экономики

Доля неуглеродных источников в структуре потребления первичных энергоресурсов и в структуре производства электроэнергии некоторых стран мира в период 2005 – 2019 гг., %

Страны	Доля неуглеродных источников в потреблении первичных энергоресурсов, %			Доля неуглеродных источников в структуре производства электроэнергии, %		
	2005	2019	Изм. 2005-2019, п.п.	2005	2019	Изм. 2005-2019, п.п.
Мир – всего, в т.ч.	18,6	18,8	0,2	33,5	35,8	2,3
Страны ОЭСР						
США	13,9	17,8	3,9	27,9	36,1	8,2
Канада	25,3	25,3	0	74,7	81,7	7,0
Австралия	5,8	7,1	1,3	8,8	17	8,2
Япония	18,8	11,4	-7,4	38,5	26,8	-11,7
Корея	19,4	15,4	-4	38,9	27,2	-11,7
Великобритания	11,6	21,2	9,6	25,6	54,6	29,0
ЕС-27 – всего, в т.ч.	21,8	28,7	6,9	45,1	58,8	13,7
Франция	48,4	53,6	5,2	89,2	91,8	2,6
Германия	18,5	21,5	3,0	37,7	48,6	10,9
Испания	16,7	26,2	9,5	36,4	59,1	22,7
Италия	7,9	18,5	10,6	17,2	40,8	23,6
Страны не-ОЭСР						
Бразилия	44,1	46,3	2,2	89,7	85	-4,7
Индия	33,8	23,7	-10,1	19,3	21,4	2,1
Китай	12,4	11,8	-0,6	18	29,8	11,8
Россия	9,4	10,4	1,0	34,2	35,9	1,7

- Для достижения целей низкоуглеродного развития национальные стратегии, наряду с энергоэффективностью, уделяют особое внимание электроэнергетике, которая обладает уникальными возможностями вовлечения нетопливных ТЭР за счет развития АЭС, ВИЭ, ГЭС

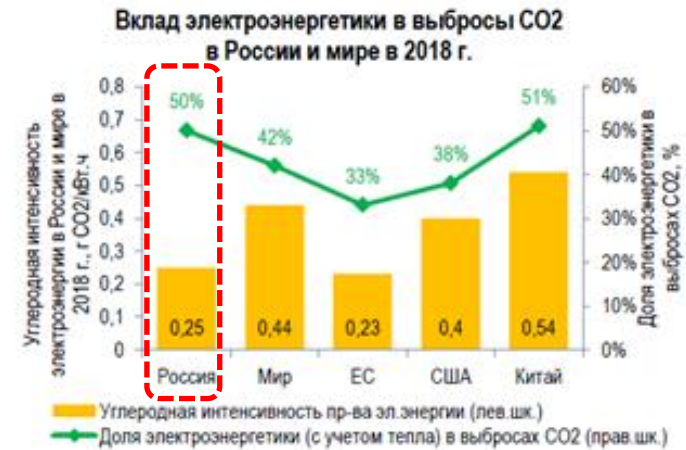
Меры углеродного регулирования



Наибольшее распространение в мировой практике углеродного регулирования приобрели секторальные и отраслевые квоты, в сочетании с системой торговли ими или без нее

Постановка задачи исследования

- В России принятая в 2021 г. «Стратегия социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» определяет целевые уровни снижения физических объемов выбросов для экономики в целом, но долгосрочные лимиты на выбросы ПГ для отдельных отраслей не определены.
- Обоснование уровней и распределения квот внутри российской экономики является актуальной научной задачей, требующей системного подхода.
- При этом важно исследовать целесообразность и эффективность установления ограничений на выбросы для отдельных отраслей или единых секторальных квот для нескольких взаимосвязанных между собой отраслей.
- Особенно актуальной эта задача является для таких тесно связанных между собой отраслей как электроэнергетика и централизованное теплоснабжение, на долю которых в России суммарно приходится более 50 % выбросов CO₂ от энергетического использования топлива



Модификация модельного инструментария

Для выполнения расчетов использована динамическая оптимизационная **модель развития электроэнергетики в рамках ТЭК России (EPOS)**, в которую были внесены следующие изменения:

- Был окончательно **сформирован блок централизованного теплоснабжения** с укрупненным описанием для каждого субъекта РФ существующих и новых котельных разной крупности на различном топливе
- В оптимизационную процедуру в явном виде включены **технологии централизованного электроотопления** (электрокотельные) различной крупности
- Предусмотрена возможность **реконструкции действующих котельных на газе в распределенные когенерационные установки** на базе ГТУ малой единичной мощности (1 – 6 МВт)
- Дополнительно к общему ограничению сформированы **раздельные ограничения** на выбросы CO_2 :
 - от всех ТЭС (условно – отрасль «Электроэнергетика» и
 - от всех котельных (условно – отрасль «Теплоснабжение»)

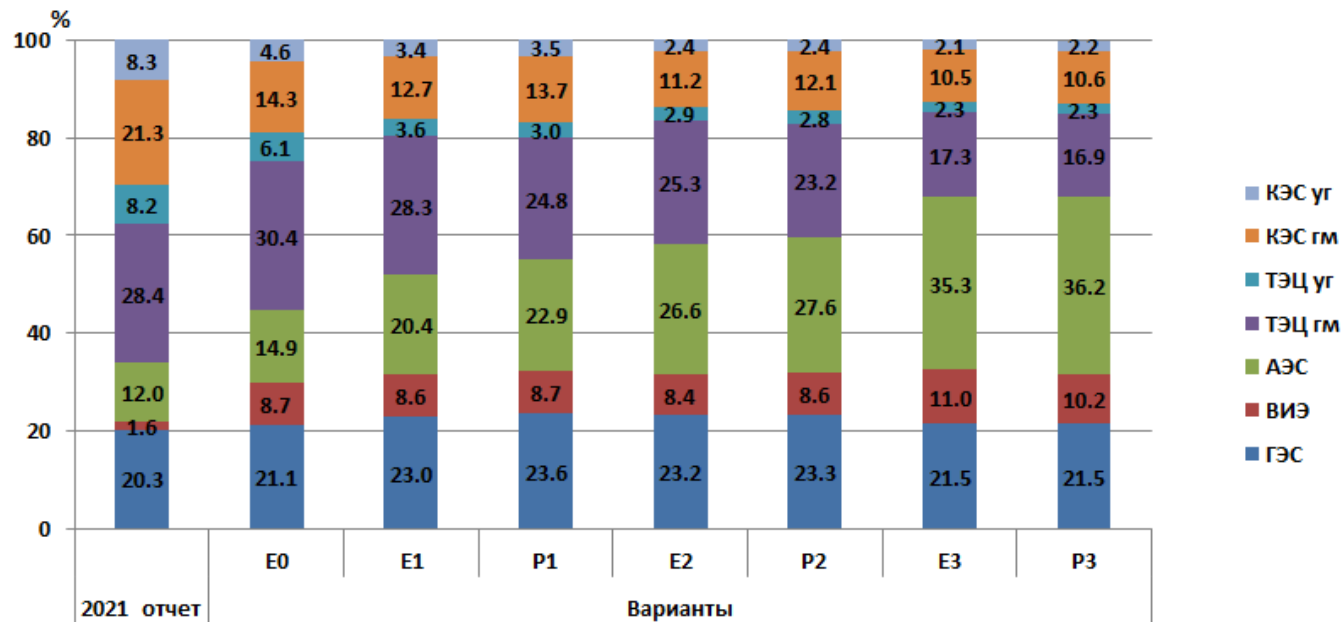
Рассмотренные варианты

Для сопоставления последствий различных подходов к установлению квот на выбросы ПГ для электроэнергетики и централизованного теплоснабжения было проведено многовариантное исследование оптимальной структуры производства электроэнергии тепла на горизонте до 2050 г.

Каждый из вариантов квотирования был смоделирован при нескольких значительно различающихся уровнях ограничений на выбросы ПГ

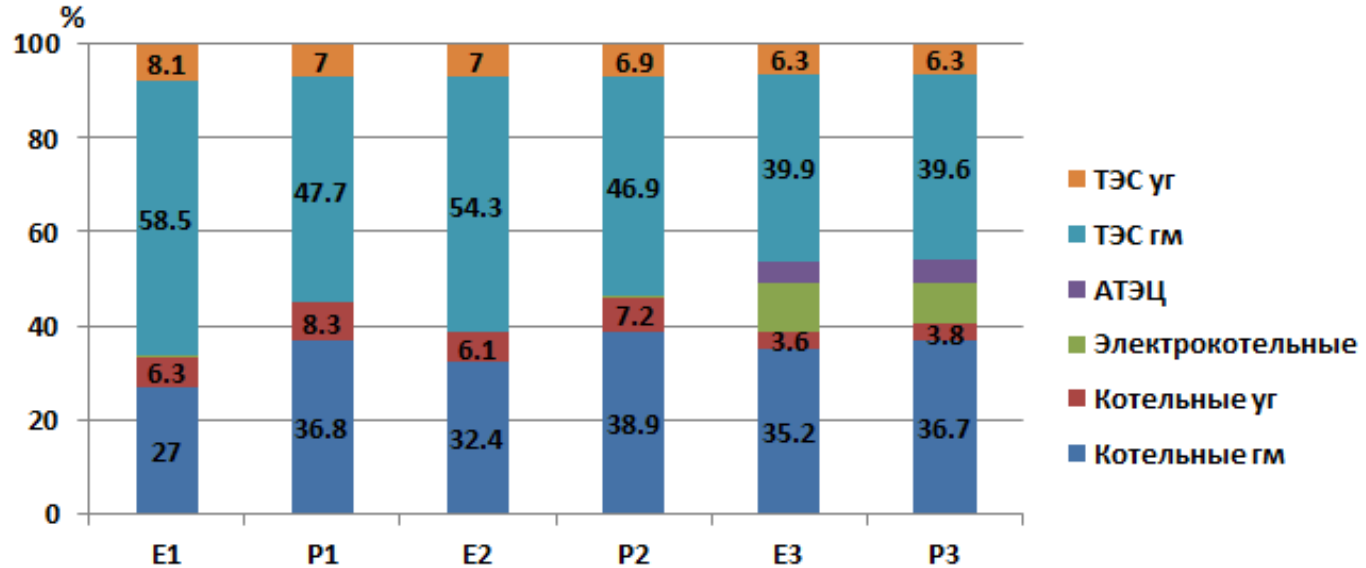
Варианты	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Е1 – единая квота	-	100	94	86,4 (СНУР)
Р1 – раздельная квота				
Е2 – единая квота	-	95	87	75
Р2 – раздельная квота				
Е3 – единая квота	97	90	76	60
Р3 – раздельная квота				

Структура установленной мощности ЕЭС России в 2050 г., %



Установление единой или отдельных квот на выбросы приводит к серьезным изменениям структуры установленной мощности ЕЭС России, особенно в вариантах с менее жесткими ограничениями на выбросы CO₂. По мере ужесточения квот на выбросы эти изменения между вариантами сокращаются.

Структура централизованного отпуска тепла в ЕЭС России в 2050 г., %



Подобные изменения отмечаются и в структуре централизованного отпуска тепла – разница между вариантами с единой и раздельными квотами сокращается по мере ужесточения лимитов на выбросы

Выбросы ПГ от ТЭС и котельных в ЕЭС России в 2050 г, в % от уровня 2020 г

Показатели	Варианты					
	Е1	Р1	Е2	Р2	Е3	Р3
Выбросы ПГ – всего, в т. ч.	86.4	84.3	75.0	75.0	60.0	60.0
Котельные	59.3	79.3	63.0	75.0	57.4	60.0
ТЭС	96.4	86.4	79.5	75.0	61.0	60.0

При одинаковом общем уровне выбросов объемы эмиссии CO₂ от котельных и ТЭС значительно различаются.

При установлении единой квоты выбросы от котельных снижаются более значительно, чем от ТЭС. Эта разница сокращается по мере ужесточения квот на выбросы, практически сравниваясь при квоте 60% от уровня 2020 г.

Основные экономические характеристики вариантов (относительно вариантов с единой квотой)

Показатели	Варианты		
	P1	P2	P3
Суммарные капиталовложения до 2050 г., в % относительно соответствующего варианта Е, из них	+4.7	+0.8	+0.9
АЭС	+13.7	+3.3	+0.1
ГЭС и ВИЭ	+4.2	-1.1	+6.2
ТЭС и котельные	-6.0	-2.4	-1.4
Суммарные дисконтированные затраты на энергоснабжение экономики (с учетом последствий), в % относительно соответствующего варианта Е	+0.32	+0.13	+0.40

- Переход от единой к раздельной квоте при наименее жестком ограничении на выбросы ПГ в варианте Р1 приводит к существенному увеличению необходимых капиталовложений. Их общий объем возрастет на 4,7% по сравнению с вариантом Е1. В результате суммарные дисконтированные затраты на функционирование и развитие электроэнергетики и централизованного теплоснабжения в этом варианте окажутся на 0,32% выше.
- При более жестком ограничении на выбросы ПГ переход от единой квоты к раздельным (вариант Р2) сделает прирост требуемых капитальных затрат значительно меньшим – всего 0,8% относительно варианта Е2, а суммарные дисконтированные затраты возрастут всего лишь на 0,13%.
- Вместе с тем, несмотря на еще менее значительные изменения технологической структуры электроэнергии и теплоснабжения при переходе от варианта Е3 к варианту Р3, суммарные дисконтированные затраты на энергоснабжение экономики в этом варианте оказываются значительно выше – прирост составляет 0,4%. При этом суммарные капиталовложения в этом варианте возрастают всего на 0,9%

Основные выводы

- Проведенные расчеты показали значительное изменение технологической структуры, а также обобщенных экономических характеристик при адаптации электроэнергетики и теплоснабжения к усиливающимся ограничениям на выбросы ПГ. При этом, безусловно, применение единой секторальной или отдельных отраслевых квот на выбросы ПГ оказывает значительное влияние на развитие каждой из этих отраслей.
- Результаты моделирования показывают, что наибольшие различия в технологической структуре отраслей в зависимости от подхода к установлению квот наблюдаются при достаточно мягких ограничениях на выбросы. По мере ужесточения квот результаты моделирования при различных подходах к их установлению сближаются.
- Вместе с тем, обобщенные экономические показатели вариантов развития отраслей изменяются не столь однозначно. Однако, во всех рассмотренных вариантах переход от единой квоты к отдельным квотам для каждого сектора приводит к увеличению как капитальных, так и суммарных дисконтированных затрат, обеспечивающих достижение заданных ограничений

Институт энергетических исследований РАН

www.eriras.ru

Андрей Хоршев, к.э.н., вед.науч.сотрудник

epos@eriras.ru

*Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ
(проект №21-79-30013)*

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ