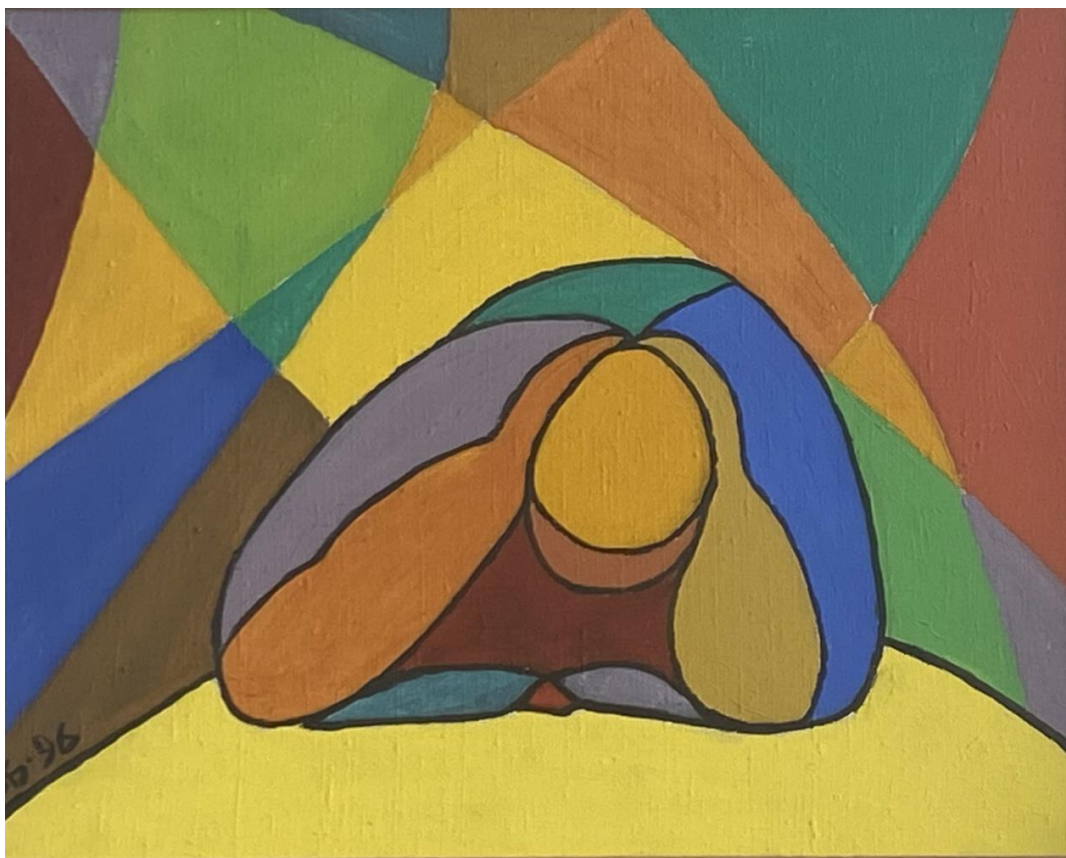




Центр энергoeffективности – XXI век

Углеродная нейтральность в России: ухабистые траектории до 2060 года



Москва, июнь 2022 г.

Авторы:

Игорь Башмаков

Генеральный директор
ЦЭНЭФ – XXI



Владимир Башмаков

Юрисконсульт
ЦЭНЭФ – XXI



Константин Борисов

Ведущий исследователь
ЦЭНЭФ – XXI



Максим Дзедзичек

Ведущий исследователь
ЦЭНЭФ – XXI



Алексей Лунин

Ведущий исследователь
ЦЭНЭФ – XXI



Ирина Говор

Старший научный сотрудник
Институт глобального климата и экологии
им. академика Ю.А. Израэля



Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
УГЛЕРОДНАЯ НЕЙТРАЛЬНОСТЬ В РОССИИ: УХАБИСТАЯ ДОРОГА В 2060 ГОД.	
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.....	6
1. Цель: достижение углеродной нейтральности к 2060 году	6
2. Инструменты прогнозирования	8
3. Угол падения не равен углу отражения	10
4. Сценарные допущения. Три «четверки».....	17
5. 4S – STAGNATION, SANCTIONS, SELF-SUFFICIENCY – «ВПЕРЕД В ПРОШЛОЕ»	21
6. 4D – DEVELOPMENT DRIVEN BY DECARBONIZATION AND DEMOCRATIZATION – ПУТЬ ОБРАТНО В ГЛОБАЛЬНУЮ ЭКОНОМИКУ	25
7. 4F – FOSSIL FUELS FOR FEEDSTOCK	31
8. FIT FOR 55? - Нет. - FIT FOR 65? – МОЖЕТ БЫТЬ. - FIT FOR 60? – ОПРЕДЕЛЕННО ДА!	33

Введение

И среди скептиков, и среди оптимистов бытует мнение, что в настоящее время нет места для долгих **видений** экономического будущего и перспектив декарбонизации в России. Однако всем странам нужно будущее и **видения** будущего. В фильме «Назад в будущее» было правильно сказано: «*Будущее еще не написано*». Еще точнее сформулировал Мэтт Миклуш в книге «Джек Блэнк и воображаемая нация»: «Будущее еще не написано. Оно в выборах, которые мы делаем. Наше будущее определять нам. Всегда». Чтобы решать, каким будет наше будущее, нужна карта путей, ведущих к желаемым будущим состояниям. Чтобы нанести эти пути на карту, нужно забраться на высокое дерево в густом лесу, чтобы увидеть, что находится вокруг нас и какие направления доступны. Временной горизонт данного исследования – 2060 год, то есть впереди около сорока лет. История дает нам представление о том, что может произойти в следующие сорок лет. Сорок лет назад (в 1982 г.) в СССР правил Брежнев, а россияне и представить не могли, что через 10 или 20 лет они будут жить совсем в другой стране. Другими словами, экстраполяция редко помогает. Нужно иметь богатое воображение. Нельзя увидеть будущее, повернувшись к нему спиной, и нельзя давать определять будущее тем, кто живет прошлым.

Видения низкоуглеродного будущего важны, поскольку они влияют на экономику России, объемы экспорта топлива и основных материалов на глобальные и региональные низкоуглеродные рынки, где критическое значение обретает углеродный след продукции, а механизмы с ценой на углерод подрывают конкурентоспособность углеродоемкой продукции. Будущее рынков углеродоемких товаров не радужно, в отличие от перспектив развития высокотехнологичных продуктов и услуг на ныне формирующихся низкоуглеродных рынках с триллионными объемами продаж к середине XXI века, на которые России необходимо проникнуть. Любое развитие должно опираться на наименее затратные технологические решения. Ожидается, что в 2020-х и 2030-х годах низкоуглеродные технологии станут менее затратными, чем традиционные процессы. Производители и страны, которые будут отставать, потеряют импульс экономического развития. Многим секторам и отраслям требуется долгосрочное **видение** при принятии инвестиционных решений, чтобы их активы не оказались обесценены. Любая семья с детьми нуждается в долгосрочном **видении** их возможного будущего.

Россия взяла на себя обязательство достичь углеродной нейтральности к 2060 году. Однако траектории движения к этой цели еще предстоит выявить. Это сложно – отчасти из-за отсутствия долгосрочных моделей для всей экономики и для ключевых секторов, работающих на временном горизонте за пределами 2050 г. Поэтому экспертное сообщество и лица, принимающие решения, вынуждены остановиться в 2050 г., и только интуиция и поиск вслепую в тумане 2050-х годов подсказывают им, достижима ли углеродная нейтральность к 2060 г.

Первой задачей, которую решало данное исследование, было дальнейшее развитие системы моделей ЦЭНЭФ-XXI с целью расширения ее временного горизонта и функционала за счет повышения технологической и стоимостной детализации по отраслям. Общая цель состояла в том, чтобы лучше отразить последствия ключевых мер по сокращению выбросов, а также оценить потенциальное влияние глобального перехода к низкоуглеродному развитию и санкций в результате начала Россией специальной военной операции.

Первоначальная цель заключалась в оценке системного воздействия глобального низкоуглеродного перехода и мер по декарбонизации экономик ключевых торговых партнеров России на экономическое развитие России с разбивкой этой оценки на влияние на традиционный российский экспорт и на возможности выхода на формирующиеся

низкоуглеродные рынки. После 24 февраля эта цель была изменена, чтобы также учитывать долгосрочные последствия жестких и все усиливающихся санкций.

Один из уроков будущего заключается в том, что на ближайшие десятилетия не будет обычного ведения бизнеса (“business as usual”); вместо этого в центре внимания должно быть необычное развитие событий – “business as unusual”.¹ Для России не будет обычного ведения бизнеса даже в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Задача состояла в том, чтобы разработать видения, покрывающие диапазон неопределенности, который значительно увеличился после 24 февраля. Были разработаны три набора сюжетных линий (*storylines*), охватывающие резко расширившуюся зону неопределенности и очерчивающие пути, которые могут привести Россию к углеродной нейтральности в 2060 г.: *4S – Stagnation, Sanctions, and Self-Sufficiency*, который можно также назвать «Вперед в прошлое» (как противоположность «Назад в будущее»); *4D – Development Driven by Decarbonization and Democratization*, который открывает двери для возвращения России в глобальную экономику; *4F – Fossil Fuels for Feedstock*, который основан на 4D и позволяет России использовать свои ресурсы ископаемого топлива для неэнергетических целей.

Ниже представлены результаты прогонов на системе моделей для каждого из альтернативных концептуальных путей для оценки траекторий движения к углеродной нейтральности, а также оценки затрат и выгод, сопряженных с различными траекториями низкоуглеродного развития. Был оценен вклад различных секторов (производство электрической и тепловой энергии, промышленность, транспорт, здания, сельское хозяйство, управление отходами, ЗИЗЛХ) в достижение углеродной нейтральности, и на основе этих оценок были разработаны рекомендации для потенциальных целей и инструментов политики в разных секторах.

Как всегда в работах ЦЭНЭФ-XXI, основные выводы исследования сведены в резюме, которое и представлено ниже. Этот текст под названием «Углеродная нейтральность в России: ухабистые траектории до 2060 года» предназначен для лиц, принимающих решения. Каждый раздел приведенного ниже текста представляет основные выводы глав полного исследования, текст которого можно найти по ссылке: <https://cenef-xxi.ru/articles/russia-s-carbon-neutrality:-pathways-to-2060>.

Руководитель работы – Игорь Башмаков. В работе принимали участие сотрудники ЦЭНЭФ-XXI: В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек и А. Лунин при участии О. Лебедева. И. Говор из Института глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля отвечала за моделирование выбросов парниковых газов в секторе отходов.

Редактирование английского текста, а также перевод данной работы на русский язык и ее редактирование – Татьяна Шишкина. Верстка – Оксана Ганзюк. Рисунок на обложке – Игорь Башмаков.

Игорь Башмаков

Генеральный директор

ЦЭНЭФ – XXI

Контакты: тел. (499) 120-9209; эл. почта и сайт: cenef@co.ru; <https://cenef-xxi.ru>

¹ Тезис о том, что на длительную перспективу нужно рассматривать только “business as unusual” был сформулирован в Bashmakov I. 1999. *Energy for the New Millennium*. М. CENEF, 1999.

Углеродная нейтральность в России: ухабистая дорога в 2060 год.

Основные выводы

1. Цель: достижение углеродной нейтральности к 2060 году

В октябре 2021 года Россия поставила цель выйти на углеродную нейтральность к 2060 году. Углеродная нейтральность означает баланс источников и стоков не по всем ПГ, а только по CO₂. При линейном сокращении совокупная чистая эмиссия CO₂ достигает 33,3 ГтCO₂ в 2021-2060 годах, что составляет 6,5% и 3,7% углеродного бюджета, необходимого для ограничения глобального потепления уровнем 1,5°C и 2°C соответственно.	Ретроспектива обязательств России по сокращению выбросов ПГ: • 0% в 2008-2012 гг. – Киото, 1997 г.: Россия взяла обязательство не превышать в 2008-2012 годах уровень выбросов 1990 года (выполнено); • -25% к 2020 г. – Копенгаген, 2009 г.: Россия приняла обязательство удерживать свою эмиссию до 2020 г. на уровне не выше 75% от уровня 1990 года (выполнено); • -20-25% к 2030 г. – Париж, 2015 г.: Россия приняла обязательство удерживать свою эмиссию до 2030 г. на уровне 70-75% от уровня 1990 г.; • -30% к 2030 году – Указ Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 г. № 666: Россия приняла обязательство ограничить свою эмиссию до 2030 года уровнем не выше 70% от уровня 1990 г.; • весной 2021 г. была поставлена цель добиться, чтобы к 2050 г. совокупные выбросы ПГ в России были ниже, чем в ЕС; • -80% к 2050 г. – в соответствии со Стратегией низкоуглеродного развития Российской Федерации до 2050 года необходимо обеспечить сокращение чистых выбросов ПГ на 80% от уровня 1990 г. и на 60% от уровня 2019 г. Это единственный стратегический документ в России с временным горизонтом до 2050 г.
---	---

Чтобы судить о возможности достижения углеродной нейтральности к 2060 г., необходимы долгосрочные прогнозы, отражающие экономическое и технологическое развитие страны и эффекты целого ряда мер по контролю выбросов ПГ в ключевых секторах.

- У российских экспертов есть более чем 30-летний опыт прогнозирования выбросов ПГ, но не за рамками 2050 г.²
- Лишь в одном из рассмотренных сценариев Россия может достичь чистых нулевых выбросов CO₂ до 2050 г.³
- В целом, подобные прогнозы добавляют уверенности при формировании позиции правительства в ходе климатических переговоров и при разработке долгосрочной политики декарбонизации.
- Для принятия информированных решений необходимо оценить их возможные долгосрочные и системные эффекты.
- Для проведения сценарных расчетов исследовательские группы используют комплексные экономико-энерго-экологические модели разной степени сложности.
- Прогнозы различаются по макроэкономическим допущениям, базовым уровням, охватам источников и стоков ПГ, а также в зависимости от выбора инструментов прогнозирования.⁴

² История прогнозов выбросов ПГ в России описана в Башмаков И.А., В.И. Башмаков, К.Б. Борисов, М.Г. Дзедзичек, А.А. Лунин, А.Д. Мышак. Россия на пути к углеродной нейтральности. М., 2021. Башмаков И.А., Мышак А.Д. Сравнение прогнозов выбросов парниковых газов в секторе «энергетика» России на 2010–2060 гг. // Проблемы прогнозирования. 2014. № 1. С. 48–62.

³ Там же.

⁴ Башмаков И.А. Ред. 2014. Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России. Перспективы до и после 2050 г. ЦЭНЭФ. М., 2014.

2. Инструменты прогнозирования⁵

Для прогнозирования используется набор взаимосвязанных моделей. Их взаимодействие показано на рис. 1. Все модели сгруппированы вокруг ENERGYBAL-GEM-2060 – ключевой мультисекторальной динамической имитационной модели.

Многие из ее параметров определяются при помощи «облака» моделей, разработанных ЦЭНЭФ-XXI. «Облако» включает:

- макроэкономическую имитационную модель RUS-DVA (2 сектора – нефтегазовый и ненефтегазовый, 5 продуктов, 6 блоков);
- имитационную инженерно-экономическую модель (*bottom-up*) для электро- и теплоэнергетики P&HMOD (10 видов генерации электроэнергии и тепла и системы хранения энергии);
- имитационную инженерно-экономическую модель (*bottom-up*) для промышленности INDEE-MOD (около 60 промышленных продуктов, технологий и производственных процессов);
- имитационную инженерно-экономическую модель (*bottom-up*) для транспорта TRANS-GHG (13 видов пассажирского и 8 видов грузового транспорта плюс несколько типов транспортных средства в каждом виде, которые разбиты по видам используемого топлива и силовых агрегатов);
- имитационные инженерно-экономические модели (*bottom-up*) для жилых и общественных зданий – RESBUILD и PUBBUILD. Расчеты по жилым зданиям для пакетов мер по повышению энергоэффективности проводились с использованием программного комплекса «Помощник ЭКР», разработанного ЦЭНЭФ-XXI для Фонда реформирования ЖКХ. В RESBUILD выделено два типа жилых зданий – многоквартирные и индивидуальные, 9 процессов потребления энергии и 4 вида оборудования для выработки электрической и тепловой энергии в зданиях. В PUBBUILD выделено 15 типов общественных и коммерческих зданий с разбивкой по 5 процессам;
- WASTE – модель для оценки выбросов от сектора отходов по всем направлениям, отраженным в национальной инвентаризации.

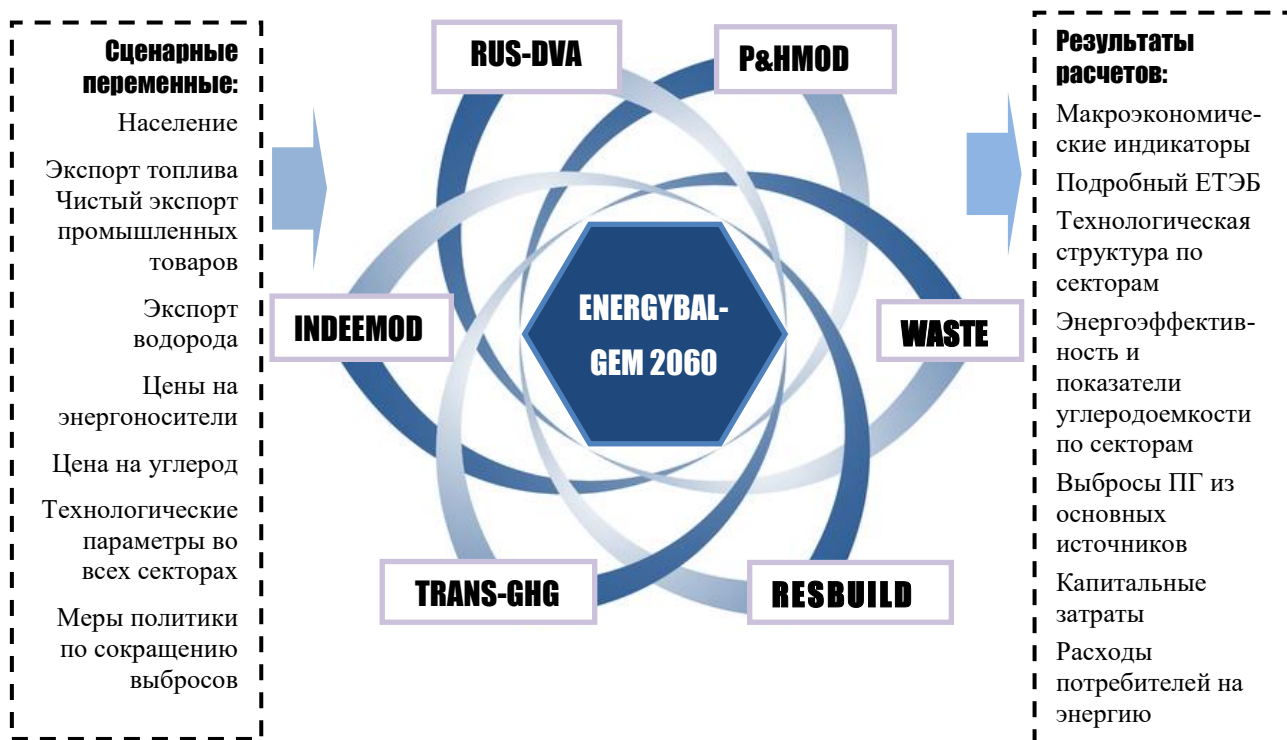
⁵ Детальное описание моделей дано в <https://cenef-xxi.ru/articles/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060>. Подходы к моделированию сходны с используемыми в: IEA. 2021. World Energy Model Documentation. October 2021; Despres, J., Keramidis, K., Schmitz, A., Kitous, A., Schade, B., POLES-JRC model documentation – 2018 update, EUR 29454 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97300-0, doi:10.2760/814959, JRC113757; EIA DOE. 2020. The Electricity Market Module of the National Energy Modeling System: Model Documentation 2020. July 2020. Эти модели позволяют детально отражать эволюцию технологической структуры, что дает им существенные преимущества по сравнению с моделями межотраслевого баланса, на которых проводилась завершающая серия расчетов для обоснования Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.

Параметры моделей откалиброваны на данных за 1995-2021 годы.

- У всех моделей расчетный шаг равен одному году, а горизонт прогнозирования – до 2060 г.
- Расчеты по каждому сценарию начинаются на паре моделей RUS-DVA и ENERGYBAL-GEM 2060. Затем модель по каждому сектору запускается в паре с моделью ENERGYBAL-GEM 2060 в направлении против часовой стрелки на рис. 1 и в конце возвращается к паре RUS-DVA и ENERGYBAL-GEM 2060. Наконец, все модели запускаются одновременно.

Во всех сценариях ЗИЗЛХ рассматривается как последняя надежда России на достижение углеродной нейтральности к 2060 году. Объемы нетто-стока в ЗИЗЛХ определяются как замыкающие баланс углеродной нейтральности к 2060 г.

Рисунок 1. «Облако» моделей ЦЭНЭФ-XXI



Источник: ЦЭНЭФ-XXI. Угол падения не равен углу отражения. Макроэкономические перспективы.

3. Угол падения не равен углу отражения

Глобальный энергетический переход создает проблемы, но одновременно и предоставляет возможности для будущего экономического развития России.

Баланс будет в значительной степени обусловлен способностью российского правительства признать масштаб задач и решить их с помощью пакетов эффективных мер политики.

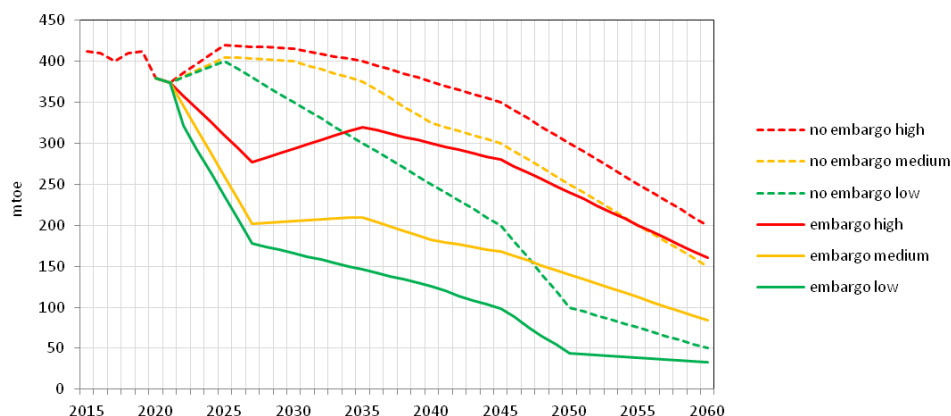
До самого недавнего времени призывы к значительной низкоуглеродной трансформации почти не находили отклика.

Возможности достижения баланса значительно сократились после начала российской военной операции на Украине.

Основные выводы по нефти следующие:

- Эффекты от перехода основных торговых партнеров России к низкоуглеродному развитию для экономического развития России будут зависеть от выбранных траекторий декарбонизации.
- Оценку этого влияния необходимо разделить на изучение эффектов для:
 - ✓ традиционного российского экспорта (в основном ископаемого топлива и базовых материалов);
 - ✓ зарождающихся рынков низкоуглеродных товаров.
- Российская экономика – сырьевая. Вклад производства ископаемого топлива и сырья составляет 28-30% в ВВП, почти две трети в промышленном производстве, до 40% в федеральном бюджете, почти 25% в консолидированном бюджете и около 75% в экспортной выручке.
- Таким образом, при сохранении «старой» модели экономического роста ход экономического развития на протяжении следующих десятилетий будет в значительной степени обусловлен возможностью поставок топлива и базовых материалов торговым партнерам России и на внутренний рынок.
- Поскольку потенциал роста этих двух рынков ограничен, необходимы новые драйверы для ускорения экономического роста, и поэтому новые низкоуглеродные продукты должны находить свои ниши на зарождающихся рынках.
- Зарубежные рынки будут постоянно сжиматься со скоростью, определяемой успехами низкоуглеродного перехода и – по крайней мере в течение некоторого времени – нежеланием покупать «политически токсичную» российскую нефть.
- Крайне маловероятно, что Россия когда-либо подойдет близко к показателю 400 млн тнэ экспорта нефти и нефтепродуктов, достигнутому в 2018-2019 годах.
- Рост нефтяных цен на протяжении 2022-2024 годов на несколько лет перекроет снижение выручки, связанное с введением санкций на российскую нефть.
- Эффект от декарбонизации и санкций станет ощутимее после 2025 года.
- Если дополнительные доходы, полученные в 2022-2024 годах, не будут полностью использованы на меры поддержки российской экономики, то смогут на некоторое время смягчить падение нефтяных доходов после 2025 года.

Рисунок 2. Российский экспорт нефти и нефтепродуктов с учетом эффектов от санкций

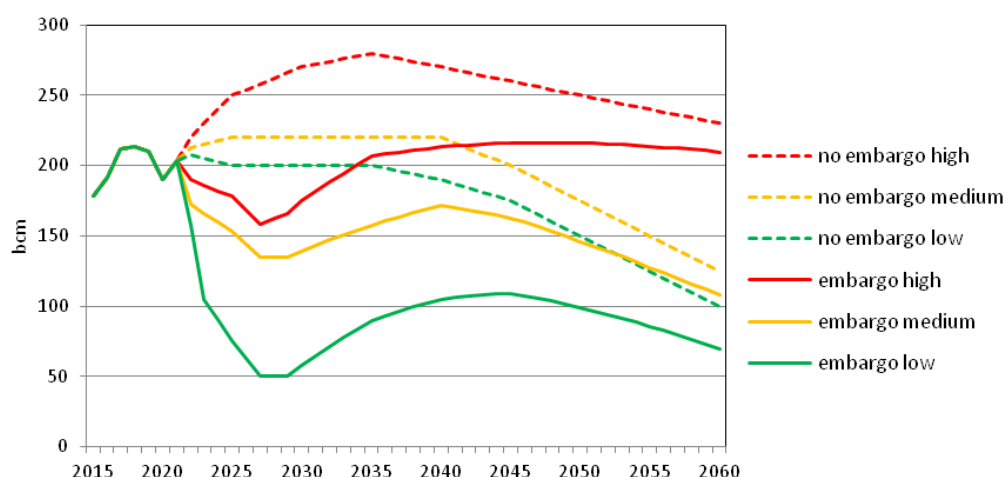


Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

**Выводы по
природному газу:**

- Рынок ЕС и некоторые другие рынки будут сжиматься для российского газа под влиянием политики декарбонизации, высоких цен на газ и нежелания покупать «политически токсичный» российский газ.
- Возможный экспорт российского газа в сценарии обычного ведения бизнеса и в сценариях объявленных мер политики может снизиться к 2027 году на 70-100 млрд м³. Почти невероятно, чтобы добыча и экспорт газа в России когда-либо превысили уровни 2021 года.
- Россия дала очень существенный толчок процессу низкоуглеродного перехода в странах ОЭСР и во всем мире.
- На всем горизонте до 2060 года мировой спрос на российский газ будет значительно ниже, чем ожидалось до 24 февраля.
- Внутренний спрос на природный газ в России будет определяться двумя разнонаправленными факторами:
 - во-первых, спрос будет падать вследствие экономической рецессии и последующего медленного восстановления в России,
 - во-вторых, низкоуглеродная трансформация российской экономики замедлится из-за ограничений на импорт оборудования и по причине снижающихся доходов, что, наряду с усилиями по вытеснению угля, будет ограничивать снижение потребности в газе.

Рисунок 3. Российский трубопроводный экспорт газа с учетом эффектов от санкций



Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

- Выводы по углю:**
- В ближайшие годы скромные успехи глобальной декарбонизации и ограниченные санкции в отношении угля могут удержать добычу и экспорт российского угля примерно на нынешнем уровне с крайне незначительным потенциалом роста.
 - Значительные успехи глобальной декарбонизации и отказ от импорта российского угля к 2027 году приведут к сокращению наполовину экспорта угля из России к 2035 году и дальнейшему его снижению после этого момента с последующим снижением добычи, поскольку внутреннее потребление угля в России также будет сокращаться.

- Можно ожидать, что в 2022 г. российский нетопливный экспорт снизится и будет продолжать снижаться на протяжении последующих нескольких лет.**
- Когда (и если) некоторые санкции будут сняты и для традиционных видов экспорта будут найдены новые рынки и будет налажена логистика поставок на эти новые рынки, утраченные объемы экспорта могут со временем полностью или частично восстановиться.
 - В более долгосрочной перспективе традиционные рынки углеродоемких базовых материалов будут неуклонно сокращаться. Если только Россия не сможет декарбонизировать свое промышленное производство, эти рынки могут быть вообще закрыты для российского экспорта.
 - Что касается расширения высокотехнологичного экспорта, Россия начинает с очень низкой базы, а после 24 февраля ее покинули многие инноваторы, которые могли бы дать толчок высокотехнологичному производству.

Демографические прогнозы ООН показывают:	• Население России будет медленно сокращаться приблизительно до 2070 г., а затем стабилизируется. • Волнообразная динамика численности трудоспособного населения приведет к его заметному сокращению к 2030 г. во всех сценариях с последующей стабилизацией до 2045 г. и дальнейшим снижением. После 2060 г. численность населения трудоспособного возраста будет колебаться между 60 и 70 млн чел.
Недавние сценарии (разработанные до 24 февраля 2022 года) существенно различаются в отношении «видений» российского экономического роста.	• Зона неопределенности включает три сегмента⁶: – «медленный рост» – среднегодовой темп роста не более 1% до 2050 года; – «умеренный рост» – среднегодовой темп роста 1-2,5% в 2021-2030 годах и 1-2% в 2031-2050 годах; – «динамичный рост» – среднегодовой темп роста выше верхней границы «умеренного роста». • Самые пессимистичные оценки дают среднегодовой рост около или ниже 1%; это оценки МЭА, Департамента энергетики США и ВР. Их прогнозы учитывают отмеченный выше негативный демографический тренд.
Чувствительность динамики российского ВВП к колебаниям мировых рынков нефти и газа постепенно снижается.	• Рост нефтегазовых доходов дает ограниченный и временный импульс экономическому росту. • Возможности роста, которые дают углеводороды, практически исчерпаны и подорваны ожиданием экономических потерь от сокращения экспорта углеводородов, которое будет все заметнее, по мере того как будет набирать обороты низкоуглеродная трансформация. • Опора на традиционную ресурсоемкую модель «красной экономики» может обеспечить лишь очень низкие темпы роста ВВП.

⁶ Bashmakov I.A. 2020. Russian low carbon development strategy. *Voprosy Ekonomiki*. 2020;(7):51-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-74>; BP, 2020, *Energy Outlook 2020*. [Energy Outlook 2020 \(bp.com\)](https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-outlook/energy-outlook-2020); EIA DOE. 2021. International Energy Outlook. 2021. [International Energy Outlook 2021 - U.S. Energy Information Administration \(EIA\)](https://www.eia.doe.gov/outlooks/ieo/); ERI RAN and Moscow School of Management SKOLKOVO. 2019. Forecast for the development of energy in the world and Russia / ed. A.A. Makarov, T.A. Mitrova, V.A. Kulagin. - Moscow, 2019. - 209 p. - ISBN 978-5-91438-028-8; IEA, 2020. World Energy Outlook 2020. [World Energy Outlook 2020 – Analysis - IEA](https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020); Laitner J., Lugovoy O., Potashnikov V. Cost and Benefits of Deep Decarbonization in Russia. *Ekonomicheskaya Politika*, 2020. No. 2, pp. 86-105. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2020-2-86-105>; Porfir'ev B., Shirov A., Kolpakov A. Strategiya nizkouglerodnogo razvitiya: perspektivy dlya ehkonomiki Rossii. *Mirovaya ehkonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*. 2020. T. 64, № 9. S. 15-25 [Low-Carbon Development Strategy: Prospects for the Russian Economy. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*, 2020, vol. 64, No 9, pp. 15-25.] <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25>; Safonov G., V. Potashnikov, O. Lugovoy, M. Safonov, A. Dorina, A. Bolotov. 2020. The low carbon development options for Russia. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02780-9> Springer Nature B.V. 2020; Shirov A.A. 2021. Ustoichivoe razvitiye, klimat i ehkonomicheskij rost: strategicheskie vyzovy i resheniya dlya Rossii. *Prezentaciya na seminare "Strategiya dolgosrochnogo razvitiya Rossijskoj Federacii s nizkim urovnem vybrosov"*. 23 marta 2021. [Shirov A.A. Sustainable development, climate, and economic growth: strategic challenges and solutions for Russia.] <https://cenef-xxi.ru4>; Shirov A. 2021b. Presentation. RISKS OF THE LOW-CARBON DEVELOPMENT POLICY OF THE RUSSIAN ECONOMY. INP. 2021.

После 2007 года экономический рост был абсолютно экстенсивным, особенно в нефтегазовом секторе.

- Средняя за 1995-2020 годы суммарная факторная производительность (СФП) в нефтегазовом секторе была оценена ЦЭНЭФ-ХХI на уровне 0,7%, а для всего ВВП она была оценена проектом KLEMS также на уровне 0,7%.⁷
- В 2010-2020 годах СФП была равна -0,2% в нефтегазовом ВВП и, по оценкам KLEMS, -1,6% в 2007-2016 годах для всей экономики.
- СФП ушла в отрицательную зону, и лишь благодаря росту цен на нефть, начавшемуся в 2000 г., удавалось сохранять очень скромный, абсолютно экстенсивный и весьма капиталоемкий экономический рост.

После 24 февраля 2022 года в результате санкций даже самые пессимистичные из более ранних прогнозов экономического роста в России в одночасье стали довольно оптимистичными.

В результате такого развития событий Россия теряет 10-11 лет экономического роста.

Уровень ВВП 2021 г. будет вновь достигнут лишь в 2031-2032 годах:

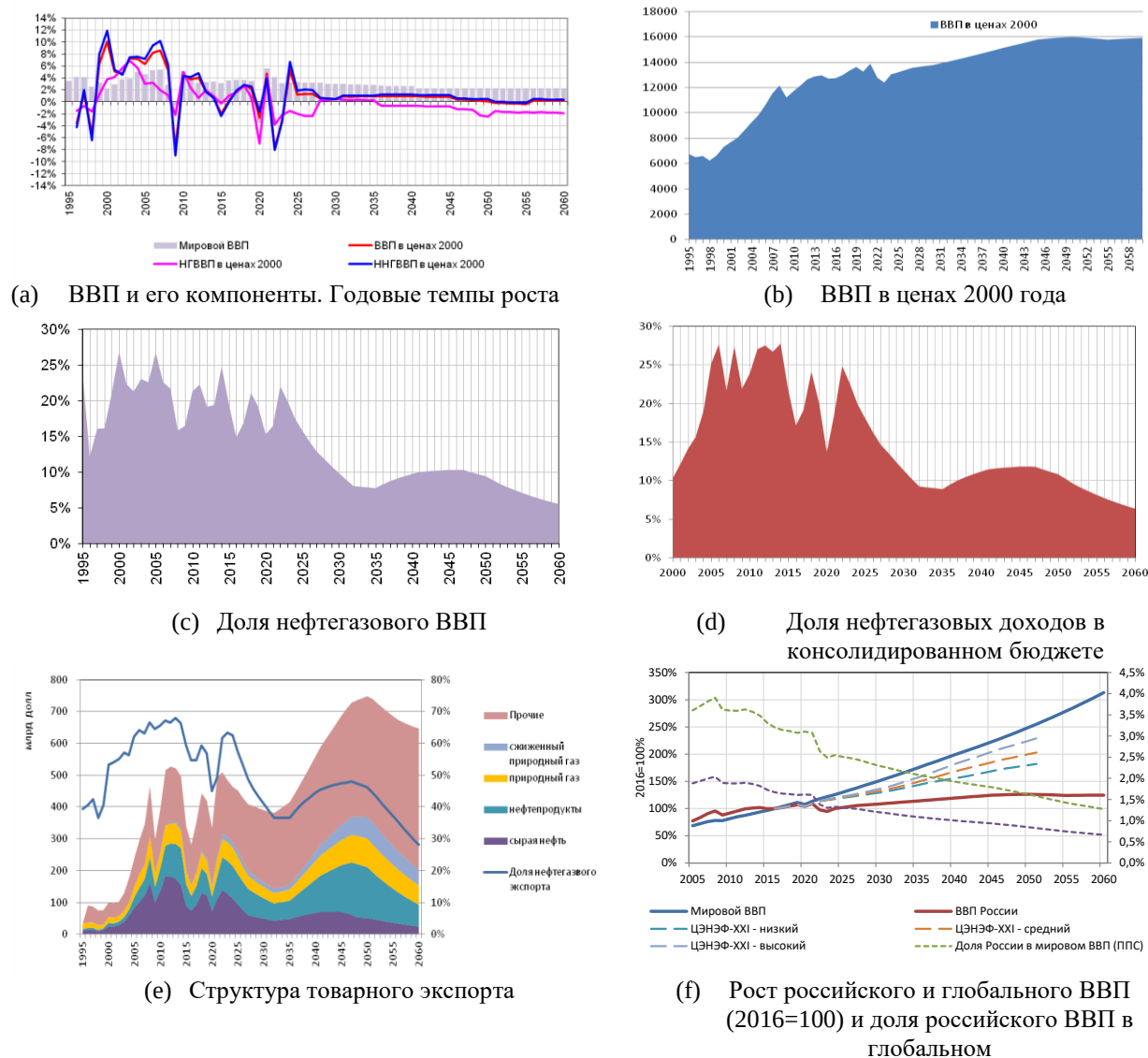
Соответствующие траектории для двух из рассматриваемых сценариев показаны на рис. 4-5:

- Сценарий 1: умеренное сокращение топливного экспорта и низкий уровень TFP;
- Сценарий 2: среднее сокращение топливного экспорта и средний уровень TFP;
- Сценарий 3: значительное сокращение топливного экспорта и высокий уровень TFP.
- К 2050 г. Россия потеряет 46-51% ранее оцененного потенциального ВВП;
- В 2060 г. российский ВВП будет на 21-44% выше, чем в 2021 г., достигая максимального среднегодового роста 1,6% в 2040-2050 гг. и 1,3% среднегодового роста в 2050-2060 гг. Это будет возможно только при допущении, что экономическая и институциональная модели в России будут изменены для обеспечения повышения СФП.
- Если не удастся обеспечить новые институциональные и социально-политические механизмы экономического роста, то рост российского ВВП будет ограничен всего 6% в 2060 г. по отношению к уровню 2021 г. Иными словами, впереди Россию будут ждать по меньшей мере 4 десятилетия экономической стагнации.
- Доля российского ВВП в глобальном ВВП снизится с 1,6% в 2021 г. до 0,7-0,9% в 2060 г. при расчете по обменному курсу валют и с 3,1% до 1,3-1,7% при расчете по паритету покупательной способности.

⁷ Russia KLEMS. 2020. National Research University Higher School of Economics. December 2019. <https://www.hse.ru/russiaklems/dataklems/>; Voskoboynikov I.B. Recovery experiences of the Russian economy. Implications to the Indian Economy. State Bank Institute of Leadership, Kolkata, 18 September. 2020. 34 p. <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/403285320.pdf>; Voskoboynikov I. 2021. Accounting for growth in the USSR and Russia, 1950–2012. J Econ Surv. 2021;35:870–894. DOI: 10.1111/joes.12426; Voskoboynikov I.B., Baranov E.F., Bobyleva K.V., Kapeliushnikov R.I., Piontkovski D.I., Roskin A.A., Tolokonnikov A.E. 2021. Recovery experiences of the Russian economy: The patterns of the post-shock growth after 1998 and 2008 and future prospects. Voprosy Ekonomiki [Issues of Economy]. 2021;(4):5-31. (In Russian) <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2021-4-5-31>.

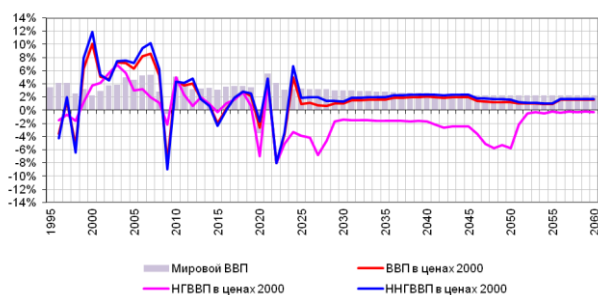
- Российская экономика станет малозаметной на глобальном экономическом ландшафте 2060 г., затененная такими гигантами того времени, как Китай, Индия и США. Это глубоко подрвет экономическую безопасность, политическую роль и военный потенциал России.

Рисунок 4. Сценарий 1. Параметры экономического развития России: умеренное сокращение топливного экспорта и незначительный рост СФП

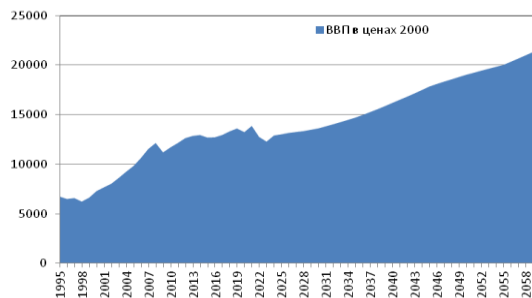


Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

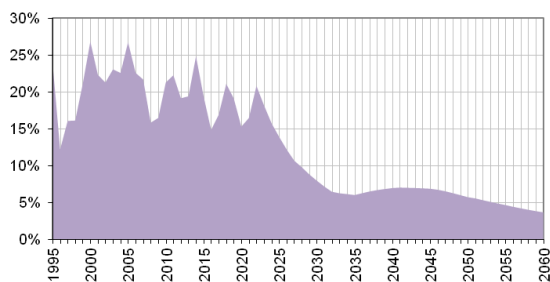
Рисунок 5. Сценарий 3. Параметры экономического развития России: значительное сокращение топливного экспорта и существенный рост СФП



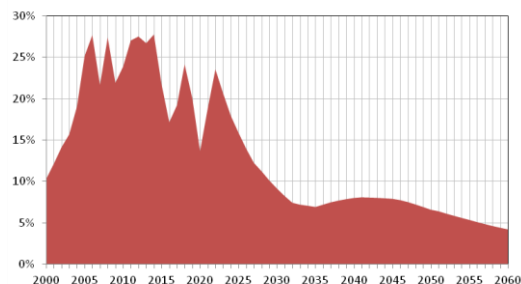
(а) ВВП и его компоненты. Годовые темпы роста



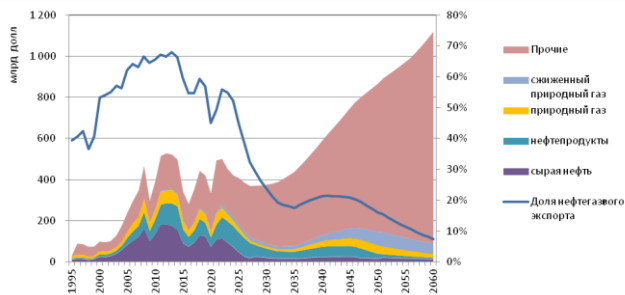
(б) ВВП в ценах 2000 года



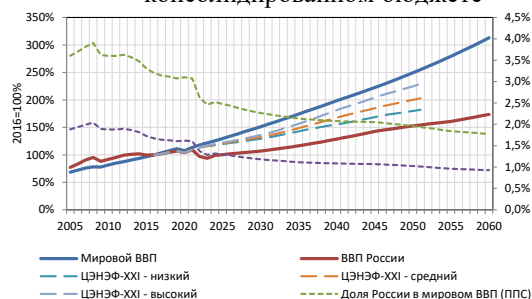
(в) Доля нефтегазового ВВП



(г) Доля нефтегазовых доходов в консолидированном бюджете



(д) Структура товарного экспорта



(е) Рост российского и глобального ВВП (2016=100) и доля российского ВВП в глобальном

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

4. Сценарные допущения. Три «четверки»

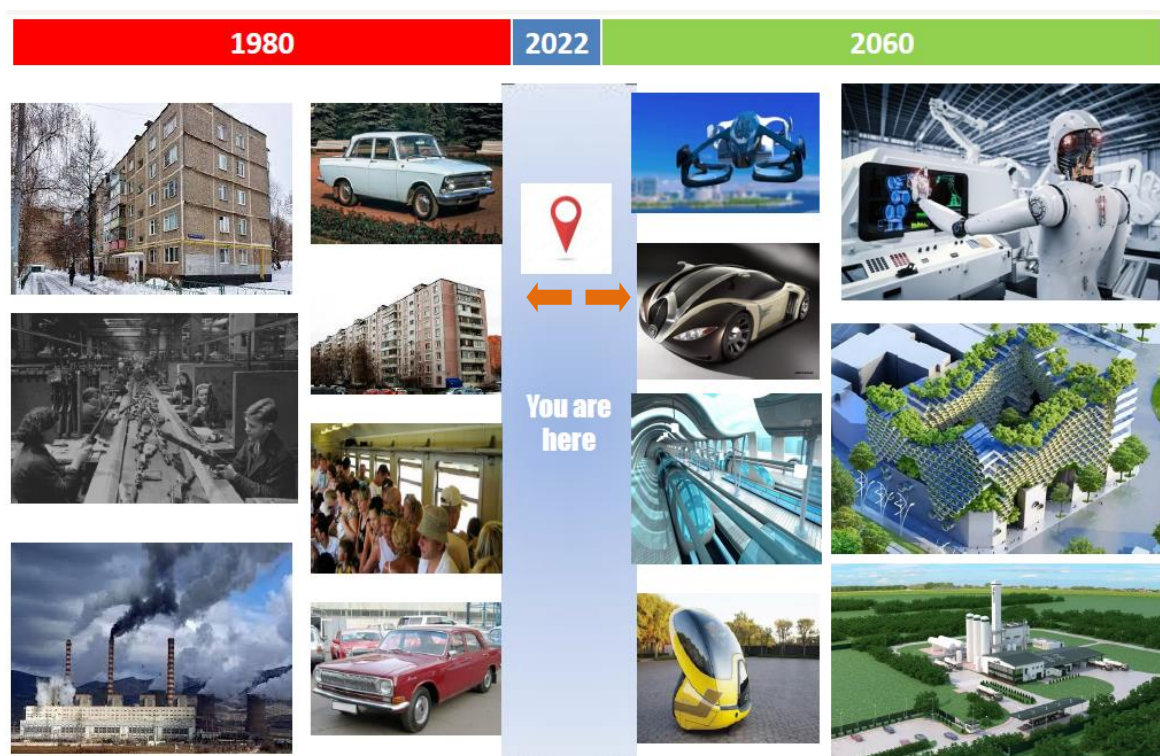
Один урок будущего заключается в том, что в течение следующих лет не будет обычного хода вещей.

Необходимо сосредоточиться на необычных условиях ведения бизнеса.

Для России обычного хода вещей не будет даже в кратко- и среднесрочной перспективе.

- Несколько месяцев назад никто и представить не мог, что Россия начнет военную операцию на Украине, которая приведет к серьезным и все усиливающимся санкциям.
- Санкции усугубляют существующее технологическое отставание от мировых лидеров и нехватку современных технологий, а шансов на преодоление этого отрыва с опорой на импортозамещение и самодостаточность крайне мало.
- Не легче было представить, что Россия будет отрезана от глобальных цепей поставок, и что мир будет двигаться в будущее, оставив Россию позади. Однако теперь такое видение будущего вполне реально, и его следует рассматривать.
- Таким образом, задача состоит в разработке **видений** будущего с учетом диапазона неопределенности, который резко увеличился после 24 февраля.
- Выбор слов в названии рис. 6 более не однозначен. Будущее может быть больше похоже на правую сторону рисунка или на прошлое (левая сторона).

Рисунок 6. Будущее $\frac{\text{вперед}}{\text{позади}}$, Прошлое $\frac{\text{вперед}}{\text{позади}}$



Источник: нарисовано И. Башмаковым.

Были разработаны три набора сюжетных линий, которые покрывают резко расширяющуюся зону неопределенности и очерчивают траектории, которые могут привести Россию к углеродной нейтральности до 2060 года:

4S – Stagnation, Sanctions, Self-Sufficiency – «Вперед в прошлое».
Этот сценарий строится на следующих допущениях и сюжетных линиях:

- 4S – *Stagnation, Sanctions, Self-Sufficiency*, который можно еще назвать «Вперед в прошлое» (в противоположность «Назад в будущее»);
 - 4D – *Development Driven by Decarbonization and Democratization*, который открывает двери для возвращения России в глобальную экономику;
 - 4F – *Fossil Fuels for Feedstock*, который опирается на 4D и позволяет России использовать свои топливные ресурсы на неэнергетические цели.
- серьезные санкции продолжают действовать в отношении основных товаров традиционного российского экспорта, которые считаются токсичными на мировых рынках и особенно на рынках стран G7; также продолжает действовать запрет на высокотехнологичный экспорт в Россию;
 - нефтегазовый экспорт быстро сжимается с невысокими шансами на будущее восстановление через выход на новые региональные рынки, так как мировая экономика неуклонно идет к низкоуглеродному развитию;
 - нефтегазовый сектор сокращается, как и его вклад в ВВП, внешнюю торговлю и консолидированный бюджет (после 2025 г.);
 - Россия исключена из многих глобальных цепей поставок и вынуждена опираться на самодостаточность в удовлетворении внутреннего спроса;
 - строгий контроль над экономикой со стороны государства с последующим снижением эффективности в контролируемых секторах;
 - импортозамещение высокотехнологичных товаров с потерей качества и невысокими шансами на повышение совокупной факторной производительности (СФП) во многих секторах, которые уже пострадали от усиления контроля со стороны государства;
 - медленный экономический рост в ненефтегазовых секторах с низкой СФП, сокращающимися трудовыми ресурсами, интенсивной утечкой мозгов, низкими инвестициями и ограниченным притоком иностранного капитала;
 - неспособность ненефтегазового сектора заполнить бреши в ВВП, внешней торговле и доходах консолидированного бюджета, которые ранее поступали от экспорта энергоресурсов и сырья;

- ограниченный потенциал увеличения нетопливного экспорта и поставок базовых материалов на глобальные рынки, которые динамично перестраиваются на низкоуглеродные товары;
- отсутствие доступа российских компаний и бюджетных организаций к международному финансированию будет ограничивать способность консолидированного бюджета поддерживать рост расходов, так как после 2025 г. доходы от торговли нефтью и газом упадут как по причине сократившегося экспорта, так и из-за низких цен на энергоносители, а ненефтегазовый сектор не сможет закрыть эту брешь;
- устаревание производственных мощностей, их медленное замещение и медленные темпы модернизации;
- более низкий спрос на продукцию и более медленные темпы ввода новых производственных мощностей, поскольку спрос на российские товары – как внутри страны, так и за рубежом – будет расти очень медленно или вообще не будет расти;
- лишь небольшая часть вводимых мощностей будет соответствовать стандартам наилучших имеющихся в мире технологий; будут преобладать мощности, вводимые в лучшем случае на основе ВРТ (наилучших из широко применяемых технологий), поскольку слабая конкурентоспособность и отсутствие высокотехнологичного оборудования будут тормозить достижение технологических высот.

4D – Development Driven by Decarbonization and Democratization – это дверь обратно в мировую экономику.

Сюжетные линии для этого сценария совершенно другие:

- прогресс в деле прекращения российской военной операции на Украине ослабит санкции после 2030 г. и позволит России вновь обрести некоторые из утраченных ею позиций в глобальных цепочках создания стоимости;
- активная политика декарбонизации в России поможет стране получить рыночные ниши в некоторых регионах мира для ряда продуктов с низким или нулевым углеродным следом, а также получить доступ к оборудованию и программному обеспечению, необходимому для производства низкоуглеродной продукции и услуг. Ожидается, что мировые низкоуглеродные рынки вырастут к 2030 году до 12 трлн долл. США⁸ и до 11-16 трлн долл. США зеленых инвестиций к 2050 году.⁹ Доля всего лишь в 1% от этого пирога составляет 110-160 млрд долл.;

⁸ McKinsey Quarterly. April 2022. Playing offense to create value in the net-zero transition.

⁹ Bashmakov I.A. 2020. Russian low carbon development strategy. Voprosy Ekonomiki. 2020;(7):51-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-74>.

- демократизация будет идти по мере уменьшения роли нефтегазового сектора, и опора на более широкие политические и социальные слои станет ключевым фактором для поддержания социальной стабильности и развития деловой активности. Все это принесет больше конкуренции в экономику (при снижающейся роли государства), высвободит инициативу, снизит уровень миграционных настроений среди квалифицированных работников и привлечет иностранных специалистов на российский рынок. Это снизит коррупцию и даст стимул для инвестирования и вознаграждения по результатам труда, а не на основе личной преданности;
- снятие или ослабление ограничений для высокотехнологичного импорта, стимулирование конкуренции для инвестирования в новые технологии и снова получение доступа к международному финансированию повысит совокупную факторную производительность и таким образом ускорит развитие ненефтяного сектора с растущими возможностями замещения доходов, выпадающих из-за падения нефтегазовой выручки;
- растущие возможности увеличения производства низкоуглеродной продукции/услуг ускорят вывод из эксплуатации устаревших производственных мощностей и модернизацию оставшихся мощностей;
- повышение спроса на продукцию на внутреннем и мировом рынках значительно увеличит ввод новых мощностей, соответствующих стандартам наилучших имеющихся в мире технологий;
- требование обеспечения низкого углеродного следа продукции и услуг даст стимулы к снижению выбросов по охвату¹ путем повышения энергетической и материальной эффективности, внедрения принципов циркуляционной экономики, электрификации, применения технологий улавливания и хранения углерода (CCS) и водорода, а также к снижению выбросов по охвату² путем более глубокого внедрения низкоуглеродной энергетики, возобновляемых источников энергии в сетевых и не сетевых системах; технологий на основе водорода; CCS; электрических транспортных средств и других низкоуглеродных технологий по мере достижения ими стадии коммерциализации;
- необходимость сделать низкоуглеродные технологии конкурентоспособными на начальных этапах использования, а также потенциально большой – при положительных результатах Сахалинского эксперимента – географический и продуктовый охват механизмами, подобными СВМ, будет способствовать введению механизмов с ценой на углерод на национальном уровне.

4F – Fossil Fuels for Feedstock.
 Сюжетные линии этого сценария в основном базируются на сценарии 4D, но:

- дополнительно учитывается более интенсивное использование ископаемого топлива в качестве сырья для химической промышленности – наряду с производством «голубого» водорода и аммиака;
- ожидается значительный спрос на внешних рынках на продукцию российской химической промышленности и водород;
- упор на экспорт пластиков и прочей химической продукции позволит использовать больше ископаемого топлива в качестве сырья с одновременным применением технологий CCS;
- в России будут широко реализованы амбициозные планы экспорта низкоуглеродного водорода и аммиака, производимых из природного газа с применением CCS.

5. 4S – Stagnation, Sanctions, Self-Sufficiency – «Вперед в прошлое»

Этот сценарий моделируется в рамках, которые ни в коем случае нельзя считать сценарием обычного ведения бизнеса. Скорее, это референсный сценарий.

4S отражает сокращение спроса, но не по причине достижения разумной достаточности; скорее, этот сценарий основан на достаточности поневоле (как в количественном, так и в качественном отношении) в результате сокращения предложения.

- Санкции вынуждают российские компании менять логику поставок сырья и комплектующих.
- Нарушение экспортной логистики приводит к ограничениям экспорта и повышению цен на продукцию.
- При ограниченном и сжимающемся из-за кризиса внутреннем рынке переориентация производства на внутренний спрос не может компенсировать потерю экспорта.
- Некоторые оптимисты (прожекторы) надеются на «мощный рывок», который может занять 2-4 года и минимизировать эффект от санкций. Однако более реалистично рассчитывать, что этот процесс может занять десятилетия без гарантии серьезного успеха.
- Ограничение доступа к финансовым ресурсам означает, что дорогостоящие инвестиционные проекты будут отложены на неопределенное время.
- После пересмотра государственных промышленных стратегий изменились критерии успеха. Успех больше не измеряется степенью интеграции в глобальную экономику и увеличением экспорта; теперь он измеряется достигнутой степенью изоляции, т.е. сокращением доли импорта в продукции.¹⁰

¹⁰ Проект Стратегии развития металлургической промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года.

Два десятилетия – 2020-е и 2030-е годы, самые важные с точки зрения накопления знаний и приобретения умений по обращению с технологиями, имеющими высокий потенциал сокращения выбросов, – могут быть потерянны.

Производство электроэнергии почти не увеличится в течение ближайших двух десятилетий.

После сокращения в 2022-2023 годах централизованное производство электроэнергии будет медленно восстанавливаться и достигнет уровня 2021 г. не раньше 2042 г., а к 2060 г. вырастет до 1320 млрд кВт-ч.

Российской промышленности предстоит длинный путь, прежде чем она сможет достичь чистых нулевых выбросов ПГ или чистой углеродной нейтральности.

- Динамика возрастной структуры производственных мощностей в сценарии 4S медленная, однако многие из имеющихся устаревших предприятий придется заменить и/или глубоко модернизировать до 2060 г.
- Десятилетия, «потерянные» с точки зрения технологического развития, могут в 2040-х и 2050-х годах обесценить активы, введенные в эксплуатацию в 2020-х и 2030-х годах (в результате преждевременного списания неконкурентоспособных производств, как это было в 1990-х годах).
- Сделано предположение, что новые мощности будут соответствовать в лучшем случае уровню ВРТ (наилучших из широко применяемых технологий) или BART (лучшие имеющиеся в России технологии).
- Отрицательные эффекты санкций наблюдаются во всех сегментах рынка электроэнергии.
- Для топливной генерации сценарий 4S предполагает скромный прогресс в деле повышения эффективности как новых, так и модернизируемых электростанций, до уровней ниже наилучших имеющихся в мире технологий.
- Не существует простого и однозначного решения проблемы развития низкоуглеродной генерации в России до 2060 г. Однако несмотря на медленный рост выработки электроэнергии, структура генерации заметно меняется.
- Централизованная выработка на основе переменных ВИЭ (ВЭС и СЭС) растет до 279 млрд кВт-ч в 2060 г., или до 21% от всего объема выработки.
- Из-за медленного роста потребления электроэнергии совокупная мощность электростанций увеличивается лишь немного – до 258 ГВт в 2060 г., в том числе: АЭС – до 43 ГВт, ВЭС – до 37 ГВт, СЭС – до 26 ГВт.
- Медленная декарбонизация российской промышленности затрудняет доступ на внешние рынки для традиционных российских базовых материалов, поскольку глобальная экономика становится менее углеродоемкой. Это не оставляет шансов на динамичное восстановление позиций на традиционных рынках.
- Изоляция России от глобальных цепей поставок и опора лишь на собственное производство новой продукции не позволит ей встроиться в зарождающиеся триллионные рынки.
- Ожидается, что после восстановления до уровня 2021 г. в 2031-2032 годах потребление базовых материалов будет либо оставаться практически на стабильном уровне (сталь и цемент), либо медленно расти (целлюлоза и бумага, продукция химической отрасли и алюминий).

Транспорт столкнется со снижением спроса из-за падения как грузовых, так и пассажироперевозок, а также со снижением поставок современного транспортного оборудования.

Снижение транспортной активности одновременно с замедлением темпов модернизации парка при значительной опоре на производство отечественных автомобилей замедлит повышение топливной эффективности и переход на низкоуглеродное топливо для всех транспортных средств.

Выбросы ПГ от транспорта уже вышли на пик в 2018 году на уровне 284 млн тСО_{2экв.} и будут неуклонно сокращаться до 113 млн тСО_{2экв.} в 2060 году.

Прямые выбросы ПГ от жилых зданий будут слегка расти в краткосрочной перспективе, а затем упадут до 77 млн тСО_{2экв.} в 2060 г.

После стабилизации в 2000-2020 годах потребление энергии в жилом секторе вырастет к 2060 г. на 24% от уровня 2020 г. и достигнет 170 млн тут.

- Важнейшим эффектом для грузового транспорта станет сокращение деятельности на всем горизонте до 2060 г. В 2060 г. грузооборот на единицу ВВП будет на 45% ниже уровня 2021 г. Это не новое явление: уровень грузооборота 1991 г. был вновь достигнут лишь в 2021 году. Ожидается, что уровень 2021 г. не будет достигнут до 2060 г.
- Вслед за снижением доходов граждан личная мобильность и пассажирооборот резко снизятся к 2025 г. и затем будут очень медленно расти до 2060 г., но так и не достигнут уровня допандемийного 2019 г.
- Только 29% легковых автотранспортных средств производились на основе российских дизайнов автомобильных платформ.
- Из-за сильной зависимости от импорта российская авиационная промышленность тоже сильно пострадала от санкций.
- У россиян будет меньше автомобилей, которые к тому же будут неуклонно устаревать, теряя в надежности и становясь менее экономичными.
- Ожидается, что будет расти доля импорта поддержанных машин.
- Совокупное потребление энергии транспортом в 2021-2060 годах сократится наполовину – с 148 до 73 млн тут.
- Доля ископаемого топлива в энергетическом балансе транспорта будет умеренно снижаться с 91% в 2021 году до 80% в 2060 году.
- Структура парка по видам привода и топлива будет медленно меняться в сторону менее углеродоемких моделей, но в этой гонке Россия будет отставать от технологических лидеров.
- Энергоэффективность существующих жилых зданий будет снижаться. В последние годы доля капремонтов по энергоэффективным проектам не превышала 0,1-0,15% совокупной площади жилых зданий.
- На горизонте до 2028 г. планируется ужесточить стандарты энергоэффективности для новых жилых и общественных зданий в целях снижения удельного потребления ими тепловой энергии на 35%.
- Будет невозможно, как прежде, «импортировать» энергоэффективность электробытовых приборов (ЭБП), так как продажи ЭБП, особенно эффективных моделей, в ближайшие годы будут сокращаться.
- Применение ВИЭ в зданиях и превращение российских домохозяйств в просьюмеров будет продолжаться, хотя, возможно, медленными темпами.

Ограниченный набор мер в секторе отходов позволит:

Был рассмотрен только один сценарий для сельского хозяйства, который предполагает, что тренд роста выбросов ПГ, сложившийся в 2005-2020 годах, удастся повернуть вспять благодаря пакету мер как со стороны спроса, так и со стороны предложения.

Выбросы ПГ от сельского хозяйства уже вышли на пик и будут снижаться до 100 млн тСО₂экв.

В данной работе была оценена динамика чистых выбросов в секторе ЗИЗЛХ как дополнительного необходимого чистого стока (ЗИЗЛХ плюс) для достижения углеродной нейтральности к 2060 году.

Суммарное потребление первичной энергии вышло на пик в 2021 году на уровне 1121 млн тут, снизится до 975 млн тут к 2024 году и далее увеличится к 2031 году до 1030 млн тут с последующим снижением до 80% от уровня 2021 года.

- заморозить выбросы ПГ до 2030 г. на уровне примерно 2020 г. с последующим снижением на 9%. Сектор отходов будет испытывать недостаток технологий.
- Важнейшей мерой для снижения внутренней ферментации домашних животных является замена низкопродуктивных пород молочных коров на высокопродуктивные и сокращение поголовья свиней.
- Чтобы выбросы в сельском хозяйстве снижались с пиковых величин, необходимо реализовать меры со стороны спроса, в том числе сокращение образования пищевых отходов и изменение рациона питания.
- Снижение доли пищевых продуктов с высоким углеродным следом (по мере развития практики оценки и снижения углеродного следа) и замена некоторых продуктов на альтернативные, например, замена говядины мясом птицы, могут стать важными направлениями сокращения выбросов ПГ.
- Регулирование рациона может быть более эффективной мерой, чем сокращение выбросов ПГ в сельском хозяйстве. Однако из-за значительной инерции в отношении пищевых предпочтений это представляется менее реалистичной опцией.
- Базовый уровень чистого стока СО₂ был установлен на 2021-2060 годы как экстраполяция снижающегося тренда, сформировавшегося в 2010-2020 годах. Чистые стоки сокращаются до 115 млн тСО₂ в 2060 г.
- Эти базовые значения были вычтены из эмиссии.
- Результатом стал дополнительный чистый сток только СО₂ – ЗИЗЛХ плюс, – объем, необходимый для обеспечения чистого нулевого баланса в целях достижения углеродной нейтральности к 2060 г.
- Повышение энергоэффективности не вносит большого вклада в снижение выбросов: в 2021-2060 годах энергоемкость ВВП (за вычетом неэнергетического использования) будет в среднем снижаться только на 1% в год. С учетом неэнергетического использования топлива темп этого снижения составит 0,6% в год.
- По мере роста выработки на основе ВИЭ, гидро- и атомной энергии потребление топлива сократится на 25% в 2021-2060 годах, а сжигание топлива снизится на треть.
- В 2060 г. внутреннее потребление природного газа снизится на 15% до 448 млн тут, а сжигание газа сократится на 22% до 330 млн тут.
- Потребление жидкого топлива снизится на 44%, а сжигание жидкого топлива – на 74%, в основном благодаря сокращению потребления на транспорте.

Россия может достичь углеродной нейтральности в 2060 г. только при условии реализации сильных и эффективных мер политики в секторе ЗИЗЛХ, которые остановят снижающийся тренд чистого поглощения, отмечаемый на протяжении последнего десятилетия, и затем значительно увеличат поглощение в ЗИЗЛХ для захвата дополнительного объема CO₂.

Выбросы CO₂ и ПГ в России вышли на пик в 2021 г. Ожидаемое к 2030 г. сокращение выбросов ПГ от уровня 1990 г. составляет 63%, выбросов CO₂ – 67%.

- Успехи в декарбонизации энергетического сектора дадут импульс снижению выбросов CO₂ во всех секторах, кроме ЗИЗЛХ.
- Цена на углерод в сценарии 4S составит 1 долл. США/тCO₂ в 2031 году и будет медленно расти до 30 долл. США/тCO₂ в 2060 году. Это принесет 1,7 трлн руб., или 0,6% ВВП.
- Инвестиции в низкоуглеродные проекты достигают 78 трлн руб. Это вдвое меньше инвестиций в добычу топлива (169 трлн руб.).
- Доля инвестиций в низкоуглеродную трансформацию (суммарные инвестиции за вычетом инвестиций в добычу и переработку топлива) в ВВП будет постепенно снижаться с 2,1-2,2% в 2021-2025 годах до 1,5-1,7% в 2050-2060 годах.
- Ожидается, что к 2030 г. Россия обгонит ЕС по масштабам сокращения выбросов ПГ.
- В начале 2020-х годов Россия намерена повторить негативный опыт 1990-х, снижая выбросы ПГ путем глубокого сокращения деловой активности (спроса), что является самым затратным способом «снижения» выбросов, обходящимся в 1137 \$US/тCO_{2экв}.

6. 4D – Development Driven by Decarbonization and Democratization – путь обратно в глобальную экономику

Предполагается, что правительство России признает необходимость декарбонизации во всех секторах в дополнение к увеличению стоков в ЗИЗЛХ, чтобы:

- снизить риски недостижения углеродной нейтральности к 2060 г.;
- сохранить экспорт топлива и базовых материалов на отказывающиеся от углеводородов мировые и региональные рынки, где большую роль играют товары с низким углеродным следом, а механизмы с ценой на углерод подрывают конкурентоспособность углеродоемкой продукции;
- экспортировать высокотехнологичную продукцию и услуги на новые триллионные низкоуглеродные рынки. Эти товары и услуги, находящиеся на конце цепочек создания стоимости, будут меньше затронуты ценой на углерод, но они смогут получить финансирование и выйти на рынок, только если будут отвечать требованиям новых региональных таксономий и конечных потребителей;

- положить конец начавшемуся в 2020-х годах перерыву в модернизации устаревших и обветшавших производственных мощностей во всех секторах. Когда станет ясно, что карета самодостаточности превратилась в тыкву, это поможет избежать привязки на десятилетия к устаревшим и углеродоемким технологиям (менее эффективным и более затратным), разработанным в течение десятилетия импортозамещения;
- задействовать менее затратные технологические решения, поскольку ожидается, что в 2020-х и 2030-х годах низкоуглеродные технологии станут менее дорогими по сравнению с традиционными (ВИЭ против традиционной выработки электроэнергии, электрокары против двигателей внутреннего сгорания, DRI-H2-EAF против BF-BOF и т.д.).

Эти соображения будут побуждать Россию к реализации активной политики декарбонизации для борьбы с изменением климата и одновременно для возвращения российской экономики на путь развития.

Выработка электроэнергии будет оставаться стабильной на протяжении двух десятилетий, а уровень 2021 г. (1159 млрд кВт-ч) будет достигнут не ранее 2041 г.

После 2041 г. выработка электроэнергии начнет быстро увеличиваться и достигнет 1516 млрд кВт-ч в 2060 г. благодаря электрификации в секторах конечного потребления.

- Для этого нужны новые институты.
- Демократизация будет развиваться по мере сокращения роли нефтегазового сектора, и опора на более широкий политический и социальный спектр станет важнейшим фактором поддержания социальной стабильности и восстановления деловой активности.
- Все это принесет больше конкуренции в экономику и высвободит деловую инициативу по мере замещения единогласия и двоемыслия несогласием и здравомыслием.
- Эта цифра складывается из 1471 млрд кВт-ч централизованной выработки и 45 млрд кВт-ч генерации просьюмерами.
- Существующие сегодня в электроэнергетике бизнес-модели будут меняться благодаря растущей роли поставщиков системных услуг, связанной с необходимостью интегрировать значительную долю ВИЭ и с растущей ролью агрегаторов, управляющих распределенными системами выработки.
- Низкоуглеродная генерация основана на установлении цены на углерод для электроэнергии, произведенной из ископаемого топлива, на поддержке систем хранения энергии и на развитии сетевого хозяйства для интеграции переменных ВИЭ, которые становятся более конкурентоспособными по мере того, как рост масштабов их применения снижает полную приведенную стоимость электроэнергии (LCOE).
- Взвешенные по вводам новых мощностей средние LCOE после небольшого роста в 2020-х годах будут неуклонно снижаться и в 2060 году будут ниже, чем в 2021 г.

В 2060 г. электроэнергетика еще не станет углеродонейтральной, но доля низкоуглеродной и безуглеродной генерации увеличится с нынешних 40% до 78%.

Углеродоемкость электроэнергетики будет снижаться к 2060 году почти до 50 гСО₂/кВт-ч, но все же не до нуля.

Российские промышленные предприятия потратят 2020-е годы на поиски новых рынков и на изменение логистики доставки комплектующих, а когда десятилетний кризис закончится, российские компании получат выгоду от отмены санкций.

Правительство приступит к реализации таких больших и эффективных пакетов мер по декарбонизации промышленности, как:

- В 2021-2060 годах низкоуглеродная электроэнергия обеспечит практически все вводы новых генерирующих мощностей и компенсирует выведение из эксплуатации мощности на топливе.
- К 2060 г. доля низкоуглеродных источников в установленной мощности увеличится с нынешних 34% до 75%.
- В 2060 г. выработка на централизованных переменных ВИЭ (ветровых и солнечных) будет достигать до 332 млрд кВт-ч, или до 24% от общей выработки.
- Объемы централизованного теплоснабжения продолжают сокращаться (на 43% в 2021-2060 годах), несмотря на значительный прирост отапливаемых площадей.
- Использование ископаемых видов топлива на производство тепловой энергии снизится на 60% по сравнению с уровнем 2021 г.
- Рост конкуренции на внутреннем и внешних рынках будет в значительной степени стимулировать российские компании к наращиванию темпов модернизации производственных мощностей.
- Поскольку экономическое развитие идет более высокими темпами и с более высоким уровнем конкуренции, чем в сценарии 4S, то после 2021 г. без глубокой модернизации и без ввода новых мощностей, которые будут доминировать в балансе мощности в 2060 г., никакие из имеющихся на сегодняшний день мощностей в возрасте 25 лет или старше не будут продолжать производить базовые материалы в 2060 г.
- установление цены на углерод для стимулирования компаний к снижению углеродного следа и рисков экономических потерь в результате введения механизмов, подобных СВМ. Это потребует эффективных систем и инструментов бенчмаркинга углеродоемкости для оценки и сертификации ПГ-следа продукции;
- планирование траекторий перехода и долгосрочных стратегий для координации деятельности между отдельными отраслями;
- введение стандартов эффективности и углеродоемкости, особенно для общепромышленных технологий, таких как электродвигатели или системы пароснабжения, принятие мер по повышению срока службы продукции и материалов и возможности их повторного использования;

- требование расширенной ответственности производителя за утилизацию своих продуктов после окончания срока службы и покрытия затрат на утилизацию или другое ответственное управление проблемными отходами;
 - предоставление субсидий для покрытия разницы между затратами при производстве обычной и низкоуглеродной продукции – до тех пор, пока эта разница существует, или создание системы закупок низкоуглеродной продукции для государственных нужд.
- Продвижение новых низкоуглеродных технологий значительно ускорится после введения цены на углерод и субсидий для низкоуглеродных видов продукции.**
- Повышение материальной эффективности во всех секторах и развитие циркуляционной экономики будут поддерживать умеренный спрос на первичные базовые материалы, но позволят увеличить вклад вторичных материалов (металлы, бумага и пластики).
 - Введение цены на углерод сделает технологические возможности, связанные с повышением энергетической эффективности, заменой (производство клинкера), применением альтернативных низкоуглеродных видов топлива и CCS, экономически эффективными, и новые производственные мощности будут оснащены подобными технологиями.
- Российская промышленность значительно продвинется по пути к углеродной нейтральности. В 2021-2060 годах выбросы от сжигания снизятся с 305 до 45 млн тCO₂, а выбросы от промышленных процессов – с 194 до 62 млн тCO₂.**
- Необходимо разработать низкоуглеродную стратегию для черной металлургии, в которой должны быть определены траектории низкоуглеродного перехода.
 - Затраты на технологии DRI-природный газ с CCS-EAF и DRI-H₂-EAF приблизятся к стоимости DRI-gas-EAF только в 2060 г. Поэтому применение этих технологий будет ограничено и в основном ориентировано на внешние рынки, где выше цена стали.
 - В 2021-2060 годах выбросы CO₂ при производстве цемента сократятся на две трети, и с учетом эффекта «губки»¹¹ цементная промышленность может стать чистым стоком CO₂ в 2040-х годах.
 - Введение цены на углерод, субсидий для контрактов на поставку по схеме «контракт на разницу» (CfD) зеленого аммиака и технологический прогресс приведут к сокращению чистых выбросов от производства аммиака в 3 раза.
 - Низкоуглеродная трансформация российской промышленности повысит ее конкурентоспособность и упрочит ее позиции на мировых рынках.

¹¹ Cao, Z. et al., 2020: The sponge effect and carbon emission mitigation potentials of the global cement cycle. *Nat. Commun.*, 11(1), 3777, doi:10.1038/s41467-020-17583-w; Guo, R. et al., 2021: Global CO₂ uptake by cement from 1930 to 2019. *Earth Syst. Sci. Data*, 13(4), 1791–1805, doi:10.5194/essd-13-1791-2021.

Продолжение политики энергоперехода на транспорте, не очень интенсивного до 2031 г., но впоследствии усиливающегося, позволит вернуться к переводу транспорта на низкоуглеродный путь развития.

В 2021-2060 годах выбросы CO₂ от транспорта снизятся на 200 млн тCO₂, однако в 2060 году останутся 70 млн тCO₂ несокращенных выбросов.

Всего выбросы ПГ от транспорта, включая косвенные выбросы, сократятся с 309 до 83 млн тCO_{2экв.}

Прямые выбросы ПГ в секторе жилых зданий снизятся до 47 млн тCO_{2экв.} в 2060 г.

- В последние годы транспортная политика России была сосредоточена на продвижении менее грязных низкоуглеродных решений, включая развитие электротранспорта.
- Из-за санкций некоторые планы становятся невыполнимыми, а осуществление других откладывается, что делает ряд мер политики сокращения выбросов нереализуемыми в изначально намеченные сроки.
- Электрификация на транспорте является основой политики сокращения выбросов ПГ:
 - ✓ Доля электроэнергии в энергетическом балансе транспортного сектора вырастет с нынешних 7% до почти 40% в 2060 г. На железнодорожном транспорте она достигнет 85%, на трубопроводном – 44%, на автомобильном – 32%.
 - ✓ К 2060 г. в структуре парка легковых автомобилей будут преобладать автомобили с электродвигателем, а доля электрокаров в продажах новых автомобилей достигнет 70% (12% заряжаемых от сети и 58% на аккумуляторах); за ними будут следовать автомобили с газовым двигателем (13%), и лишь 17% будет приходиться на автомобили с двигателем внутреннего сгорания. Доля электрокаров в структуре автотранспортного парка приблизится к двум третям.

В 2060 г. совокупное потребление энергии на транспорте в сценарии 4D сократится втрое: с 148 до 51 млн тут против 73 млн тут в сценарии 4S.

- В этом сценарии жилищное строительство будет идти в большем объеме, поскольку ожидается более быстрое восстановление экономики.
- Начиная с 2029 г. стандарты энергоэффективности для зданий будут ужесточаться и к 2060 г. достигнут уровня класса A+.
- Доля капремонтов в зданиях по энергоэффективным проектам (рост до 2,6% в год) и их эффекты значительно вырастут.
- Появятся больше энергоэффективных электробытовых приборов.
- Меры стимулирования увеличат объемы собственной генерации тепловой и электрической энергии на основе ВИЭ. Производство электроэнергии просьюмерами в зданиях достигнет 45 млрд кВт-ч в 2060 г.

- Значительное повышение энергоэффективности в зданиях снизит потребление ими энергии на 20% до 108 млн тут.
 - Дополнительный набор мер в секторе отходов позволит снизить выбросы ПГ с 96 млн тCO_{2экв} в 2020 г. до 23 млн тCO_{2экв} в 2060 г.
- Совокупное потребление первичной энергии снизится на 27% с 1121 млн тут в 2021 г. до 818 млн тут в 2060 г.**
- Энергоемкость ВВП (без учета неэнергетических нужд) будет расти в 2022-2024 годах, а затем снизится примерно на 60% к 2060 г., сокращаясь в среднем на 2,5% в год, что вдвое выше темпов в сценарии 4S. С учетом неэнергетических нужд снижение энергоемкости ВВП ограничено уровнем 1,6% в год.
 - Повышение энергоэффективности вкупе с ростом выработки электроэнергии на ВИЭ, гидро- и атомных станциях приведет к падению потребления углеводородного топлива на две трети с 779 до 253 млн тут, или вдвое сильнее, чем в сценарии 4S.
 - В 2060 г. внутреннее потребление угля снизится в 10 раз по сравнению с 2021 г., и в угольной генерации в некоторой степени будут применяться технологии CCS.
- После 2030 г. выбросы CO₂ в России никогда уже не превысят 35% от уровня 1990 г., а выбросы ПГ – 36% от выбросов 1990 г.**
- Россия может достичь углеродной нейтральности к 2060 г. без увеличения чистого стока в секторе ЗИЗЛХ, который может сократиться с 605 млн тCO₂ в 2020 г. до 291 млн тCO₂ в 2060 г.
 - Как и в сценарии 4S, к 2030 г. Россия обгонит ЕС по масштабам сокращения выбросов CO₂ и ПГ. Ожидаемое сокращение выбросов ПГ составляет 64%, а выбросов CO₂ – почти 70% от уровня 1990 г.
- В сценарии 4D не ожидается дополнительной потребности в инвестициях.**
- Совокупные капитальные затраты в 2022-2060 годах составят 197 трлн руб. (против 247 трлн руб. в сценарии 4S) в ценах 2021 г. Инвестиции будут меньше (на 50 трлн руб.), чем в сценарии 4S, из-за значительно более низкой потребности в инвестициях со стороны нефтегазового сектора. Инвестиции в низкоуглеродные проекты достигнут 92 трлн руб. (против 78 трлн руб. в сценарии 4S). Это почти столько же, сколько в добычу топлива – 105 трлн руб. (против 169 трлн руб. в сценарии 4S).
 - Доля инвестиций в низкоуглеродную трансформацию (совокупные инвестиции за вычетом инвестиций в добычу топлива) в ВВП будет постепенно снижаться с 2,2-2,7% в 2021-2030 гг. до 1,5-1,7% в 2050-2060 гг.

7. 4F – Fossil Fuels for Feedstock

Сценарий 4F строится на основе 4D во всех секторах и разработан для изучения альтернативной траектории, а также чтобы выяснить, в какой степени российские ресурсы ископаемого топлива, включая нефть и газ, могут дополнительно использоваться в качестве сырья для химической промышленности, в том числе для производства пластиков, аммиака и водорода, и какой в этом случае будет динамика выбросов ПГ.

Сценарий 4F требует зеленой революции (зеленой электрификации) в электроэнергетике. После двадцатилетней стагнации производство электроэнергии взлетит в 2060 г. до 1825 млрд кВт-ч из-за роста спроса на низкоуглеродный водород. Даже если только половина производства водорода в 2060 г. в России (15,8 млн тонн) будет «голубым», все равно дополнительное потребление электроэнергии на производство водорода составит 350 млрд кВт-ч в 2060 году, что равно примерно одной трети всего сегодняшнего производства электроэнергии в России.

- В соответствии с имеющимися прогнозами мировое производство пластиков может вырасти более чем в вдвое с почти 400 млн т в 2019 г. до 985 млн т в 2050 г.
- Ожидается, что мировое производство аммиака вырастет в 2,5 раза с 175-183 млн т в последние годы до 441 млн т или более в 2050 г.
- Мировое производство водорода, вероятно, вырастет с 87 млн т в 2020 году до 528 млн т в 2050 г.
- В сценарии 4F сделано предположение, что:
 - экспорт низкоуглеродного водорода увеличится до 15 млн т в 2060 году (против 0,7 млн т в сценарии 4D), а
 - экспорт низкоуглеродного аммиака достигнет 15 млн т в 2060 г. (против 6,5 млн т в сценарии 4D).
- Кроме того, неэнергетическое использование для химического производства позволит ускорить темпы роста промышленного производства до 2060 г.
- Если безуглеродная генерация будет ограниченной, большая доля производства «зеленого» водорода может привести к значительной дополнительной эмиссии ПГ.
- Для покрытия спроса на электроэнергию в сценарии 4F совокупная мощность электростанций должна вырасти до 418 ГВт в 2060 г., включая 102 ГВт ветровой, 86 ГВт солнечной и 77 ГВт атомной. Это будет лишь треть ветровой мощности (329 ГВт) и четверть солнечной мощности (307 ГВт), установленной в Китае в 2021 г., так что не кажется невозможным.
- Ввод новых мощностей достигнет 18 ГВт/год в 2060 г. против 7,7 ГВт, введенных в 2014 г. (максимум за последние 10 лет).
- Доля электроэнергии, вырабатываемой на неископаемых видах топлива, достигнет 78% в 2060 г.
- Ветровая генерация достигнет 352 млрд кВт-ч (по сравнению с 118 млрд кВт-ч в Германии в 2021 г.), а солнечная – 192 млрд кВт-ч (по сравнению с 49 млрд кВт-ч в Германии в 2021 г.).
- Эти переменные ВИЭ суммарно обеспечивают вполне реалистичные 30% совокупной выработки электроэнергии.

После существенного снижения на 16% в 2027 г. совокупное потребление первичной энергии будет оставаться практически стабильным до 2050 года на уровне 932-944 млн тут с последующим ростом до 1013 млн тут в 2060 г. На всем временном горизонте оно ни разу не превысит уровень 2021 г.

Траектория выбросов CO₂ в сценарии 4F очень близка к траектории в сценарии 4D, так как при дополнительном производстве аммиака и «голубого» водорода будут применяться технологии CCS, а при дополнительном неэнергетическом использовании в химическом производстве углерод будет храниться в пластиках до момента сжигания в странах-импортерах.

- Рост производства «голубого» водорода и аммиака вкуче с дополнительным потреблением в качестве сырья позволит стабилизировать внутреннее потребление природного газа на уровне около 470-480 млрд м³ до 2045 г. с последующим снижением до 400 млрд м³ по мере замещения «голубого» водорода «зеленым».
- Дополнительное потребление жидкого топлива для неэнергетических целей не поможет избежать снижения внутреннего потребления жидкого топлива, однако это снижение будет не таким глубоким, как в сценарии 4D. Потребление жидкого топлива на энергетические цели составит лишь 21%, а остальное будет использоваться в качестве сырья.
- Не предвидится никакой дополнительной потребности в инвестициях по сравнению с уровнем 2021 г.
- В сценарии 4F совокупные капитальные затраты составят 231 трлн руб. в 2022-2060 годах (против 197 трлн руб. в сценарии 4D и 247 трлн руб. в сценарии 4S).
- Они превысят затраты в сценарии 4D по двум причинам:
 - во-первых, рост добычи нефти и газа из-за дополнительного потребления топлива в качестве сырья;
 - во-вторых, потребность в значительных дополнительных инвестициях для производства водорода и аммиака.

8. Fit for 55? - Нет. - Fit for 65? – Может быть. - Fit for 60? – Определенно да!

Цель Стратегии низкоуглеродного развития Российской Федерации состоит в том, чтобы более чем удвоить чистый сток в ЗИЗЛХ в 2050 г. Эта цель представляется крайне амбициозной.

Для Стратегии низкоуглеродного развития Российской Федерации была выбрана траектория 2F – *Forest First*, – которая практически опирается лишь на один столп, что влечет значительные риски недостижения цели.

Стратегия нуждается и в других опорах для формирования надежной базы, позволяющей достичь цели по чистым нулевым выбросам углерода.

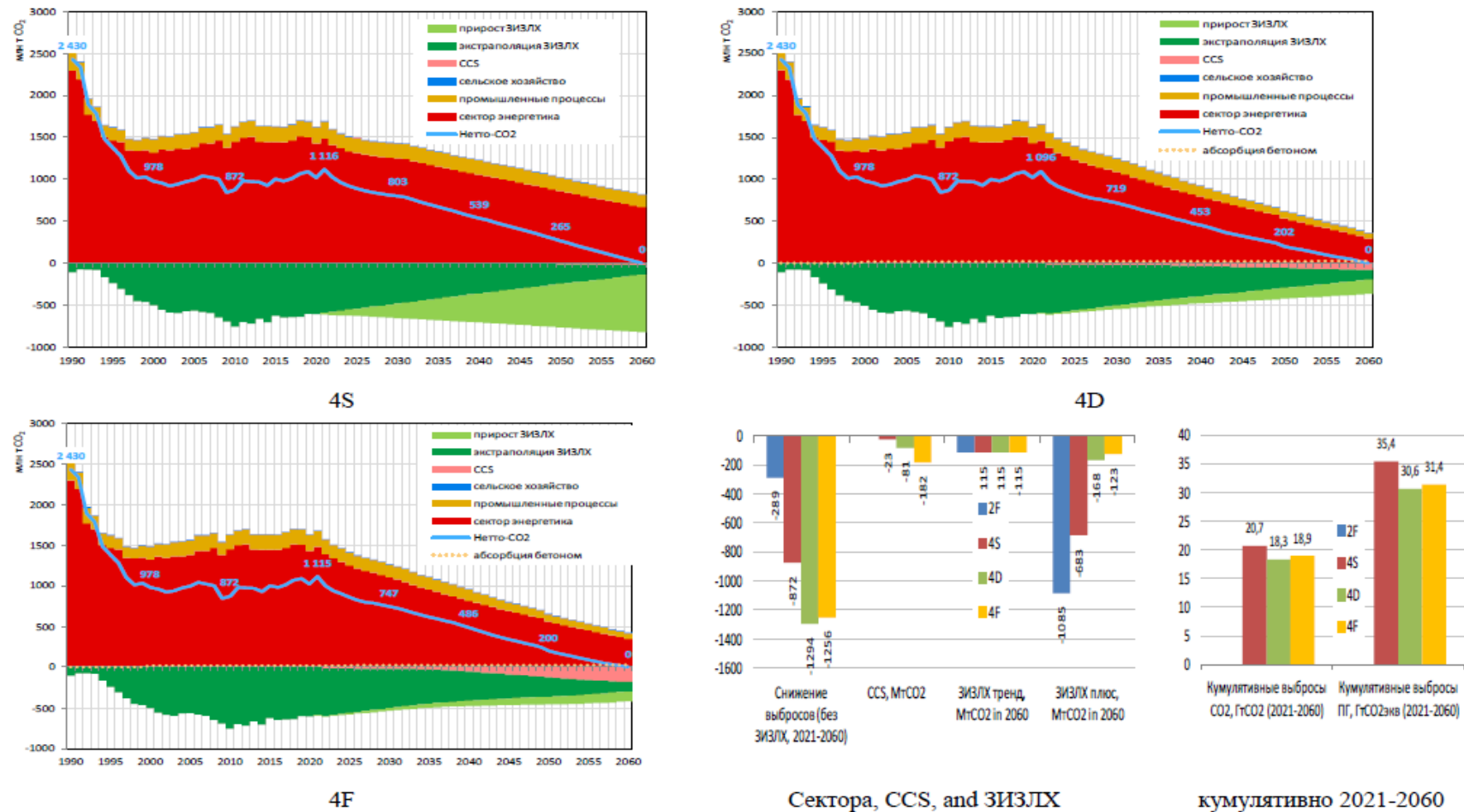
- 2F (*Forest First*) – это траектория к углеродной нейтральности, которая больше всего нравится российскому правительству. Она предполагает значительную дополнительную секвестрацию в секторе ЗИЗЛХ (665 млн тCO_{2экв.} чистых стоков дополнительно в 2019-2050 годах), в то время как сокращения выбросов в других секторах будут скромными (-289 млн тCO_{2экв.} в 2019-2050 годах), но...
 - ✓ чистый сток в лесах сокращается из-за потерь CO₂. Это сокращение составило 140 млн тCO₂ в 2010-2020 годах;
 - ✓ вклад снижения чистого стока в ЗИЗЛХ в совокупный чистый прирост выбросов ПГ в 2010-2020 годах составил 79% и превысил 100% (гиперкомпенсация сокращений в других секторах) общего прироста выбросов CO₂.
- В условиях тренда на снижение чистых стоков Стратегия нуждается в дополнительном стоке в ЗИЗЛХ в размере 1085 млн тCO₂.
- Правительство надеется, что удастся доказать, что стоки в ЗИЗЛХ намного больше и не имеют тенденции к снижению.
- Даже в сценарии 4S сокращение выбросов во всех секторах (кроме ЗИЗЛХ) достигает 870 млн тCO₂ в 2021-2060 годах. Это в три раза больше, чем снижение в прочих секторах, обозначенное в Стратегии до 2050 г.
- В сценариях 4D и 4F сокращение выбросов во всех секторах (кроме ЗИЗЛХ) составляет 1250-1300 млн тCO₂ в 2021-2060 годах (рис. 7).
- Это перевешивает то, что Стратегия намерена получить в виде дополнительной чистой секвестрации в ЗИЗЛХ.
- Если сосредоточиться только на траектории 2F (*Forest First*) и практически игнорировать прочие сектора, то не получится никакой компенсации, в случае если надежды на секвестрацию в ЗИЗЛХ не оправдаются.

Если в 2060 г. цена на углерод вырастет вдвое с 108 до 216 долл. США/тCO₂, то углеродной нейтральности можно будет достичь без дополнительных стоков в ЗИЗЛХ (рис. 8).¹²

- Цена на углерод в сценарии 4D вводится в 2031 г. на уровне 3 долл. США/тCO₂ и растет на 3 долл. США/тCO₂ в год до 108 долл. США/тCO₂ в 2060 г.
- Доходы от цены на углерод достигают 5,2 трлн руб., или 1,3% ВВП.
- Экономическая доступность энергии (доля расходов на энергию в ВВП или доходах домохозяйств) будет оставаться около или ниже порогов и диапазонов, зафиксированных в 2000-2021 годах.
- Под влиянием цены на углерод применение низкоуглеродных технологий в промышленности будет плавно повышать затраты на базовые материалы до 50-60% с последующим их снижением. Это не окажет негативного влияния на конкурентоспособность на рынках с механизмами, подобными СВМ, но обеспечит достаточные стимулы и время, чтобы повышение материальной эффективности могло компенсировать рост расходов. Что касается стоимости конечной продукции (например, автомобилей или домов), то рост цен на материалы добавляет к ней лишь 1 или 2%.

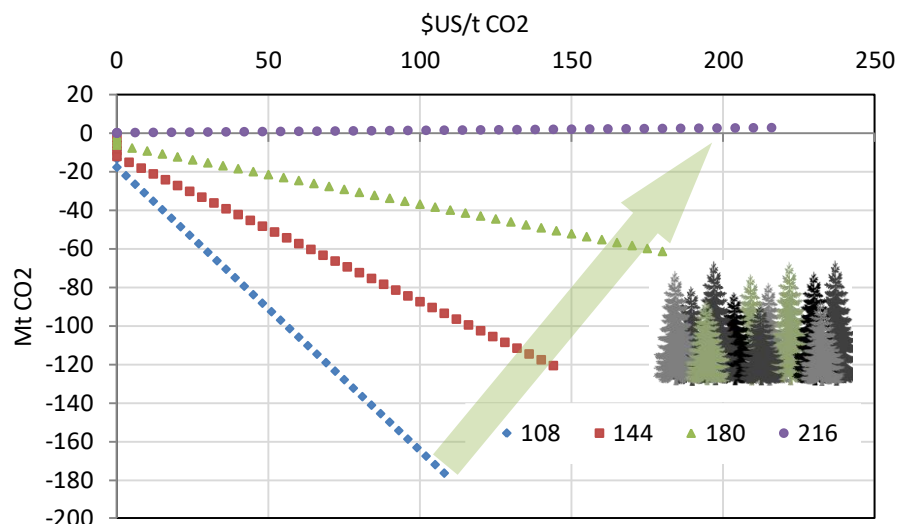
¹² Однако когда цена на углерод достигнет 216 долларов США/тCO₂, доля расходов на энергию в ВВП достигает 12-13% после 2030 г., что превышает пороговые уровни и делает невозможным экономический рост. См. подробнее Bashmakov I. 2017. The First Law of Energy Transitions and Carbon Pricing. International journal of energy, environment, and economics. Volume 25, Number 1, 2017. Pp. 1-42; Bashmakov I., Myshak A. 2018. 'Minus 1' and energy costs constants: Sectorial implications. Journal of Energy, Vol. 2018, Article ID 8962437 <https://doi.org/10.1155/2018/8962437>.

Рисунок 7. Структура выбросов CO₂ в разных сценариях



Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Рисунок 8. Прирост стока в ЗИЗЛХ в зависимости от цены на углерод



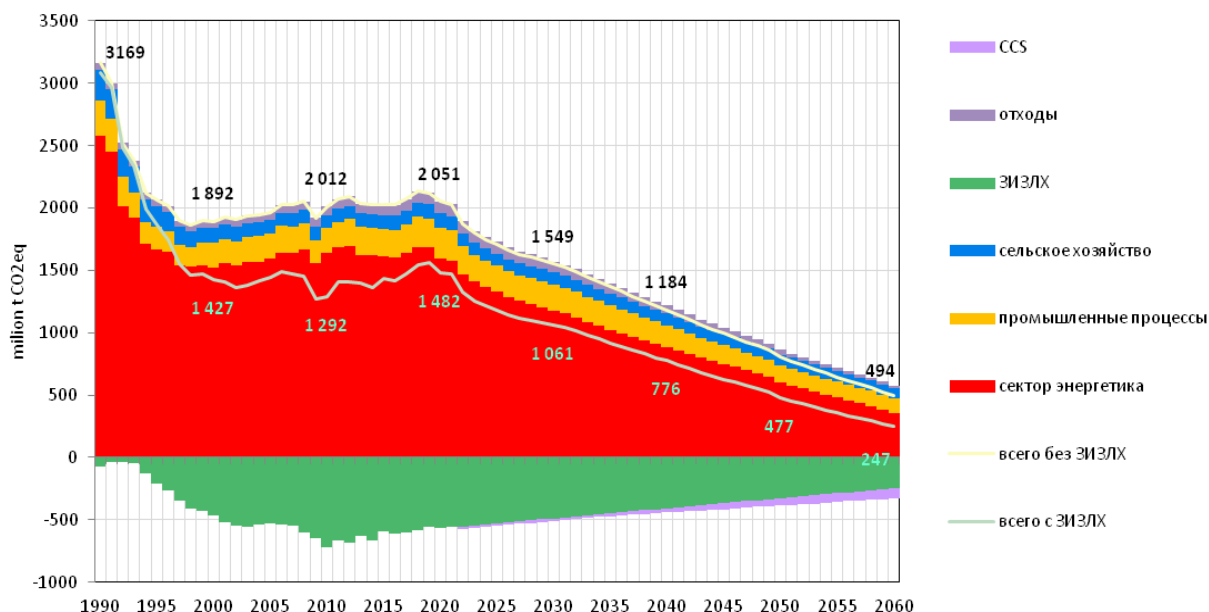
* Легенда показывает цены на углерод в 2060 году.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Во всех сценариях (4S, 4D и 4F) в 2030 г. Россия обгоняет Евросоюз по сокращениям выбросов CO₂ и ПГ (рис. 9).

- Были разработаны три набора сюжетных линий, покрывающих резко расширяющуюся зону неопределенности и позволяющих очертить траектории достижения Россией углеродной нейтральности к 2060 г.
- Во всех этих сценариях в 2030 г. российские выбросы CO₂ будут на 65% ниже уровня 1990 г., а выбросы ПГ – на 60% ниже уровня 1990 г.
- Сценарии 4D и 4F соответствуют мировым траекториям ограничения глобального потепления уровнем 1,5-2°C.
- В 2021-2060 годах совокупные чистые выбросы CO₂ будут равны 21,7 ГтCO₂, или:
 - 4% от центра диапазона оценок оставшегося углеродного бюджета начиная с 2020 года для ограничения потепления уровнем 1,5°C с вероятностью 50% (510 ГтCO₂);
 - 2% от центра диапазона оценок оставшегося углеродного бюджета – 1150 ГтCO₂ – для ограничения потепления уровнем 2°C с вероятностью 67%.
- Совокупное снижение выбросов ПГ в России в 1991-2060 гг. от уровня 1990 г. достигнет 140 ГтCO₂экв. в 2060 г. Это в 2,4 раза больше глобальной эмиссии ПГ в 2019 г.
- Ни в одном из сценариев в 2060 г. Россия не достигает нейтральности по выбросам ПГ, но подойдет достаточно близко к этой цели – остаток ее чистых выбросов ПГ составит 8% от уровня 1990 г. (рис. 9).
- Россия может получить статус нейтральности по ПГ, если сектор ЗИЗЛХ обеспечит на 246 млн тCO₂ больше нетто-поглощения в дополнение к 283 млн тCO₂ в сценарии 4D.

Рисунок 9. Траектории выбросов ПГ в сценарии 4D

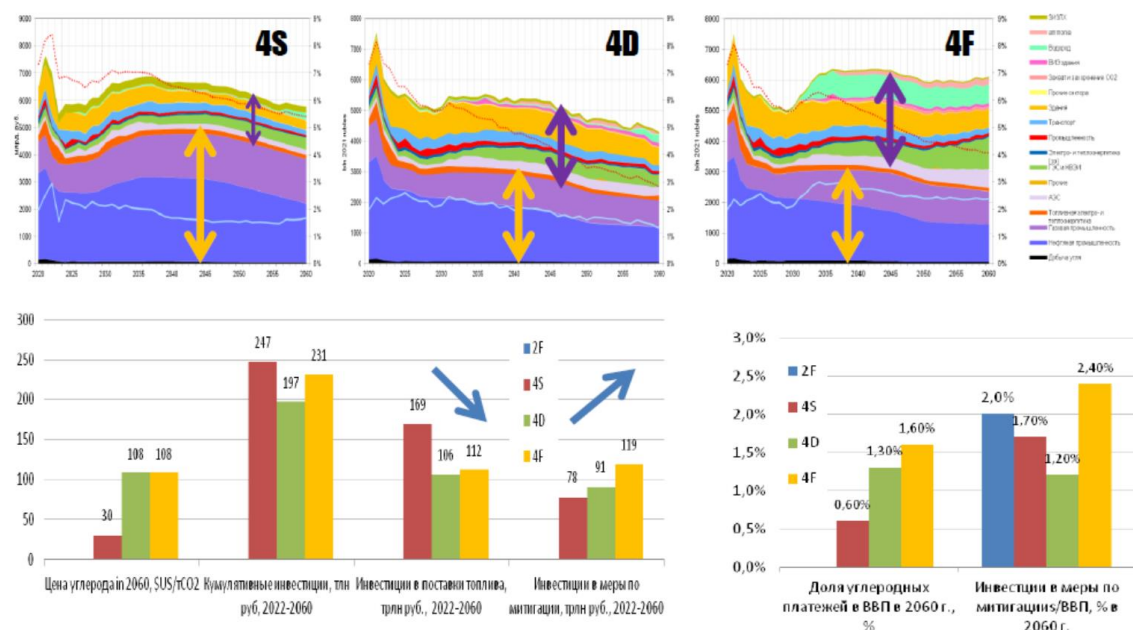


Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Ограничения глобального потепления в сценарии 4F требуют смещения фокуса инвестиций в энергетику с ископаемых видов топлива на низкоуглеродные технологии.

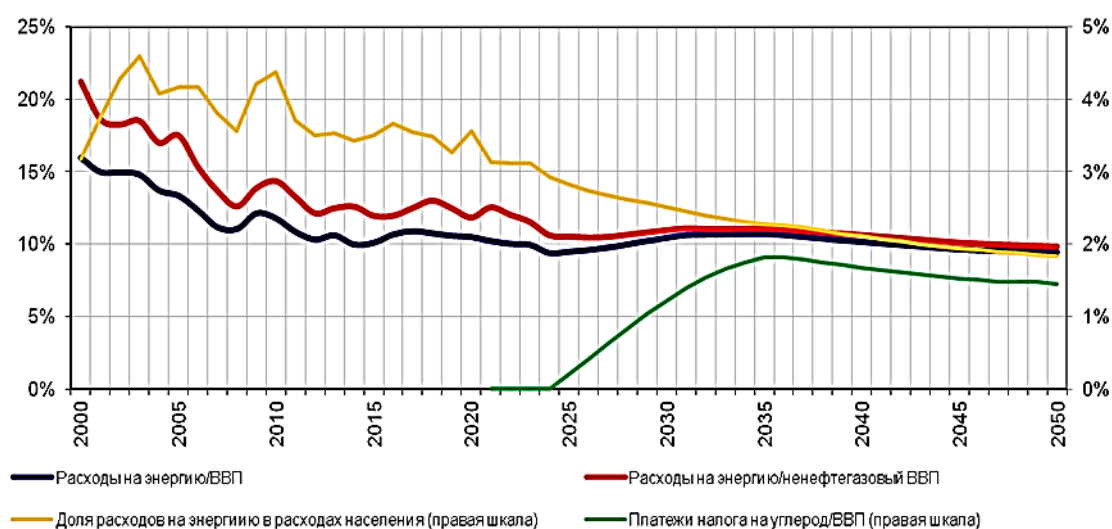
- Даже в сценарии 4F нет дополнительной потребности в инвестициях по сравнению с уровнем 2021 г. (рис. 10).
- По мере снижения инвестиций в топливную энергетику рост инвестиций в низкоуглеродные решения не приводит к дополнительному спросу на инвестиции в сценариях 4D и 4F.
- Доля инвестиций в низкоуглеродную трансформацию может достичь 3,2% ВВП в 2040-х годах и затем будет неуклонно снижаться до 2,4% или даже меньше в 2060 г. (рис. 10 и 12).
- Экономическая доступность энергии (доля расходов на энергию в доходах) будет оставаться около или ниже порогов и диапазонов, зарегистрированных в 2000-2021 годах (рис. 11), пока цена на углерод не превысит 100-150 долл. США/тCO₂.

Рисунок 10. Инвестиции и доля расходов на энергию



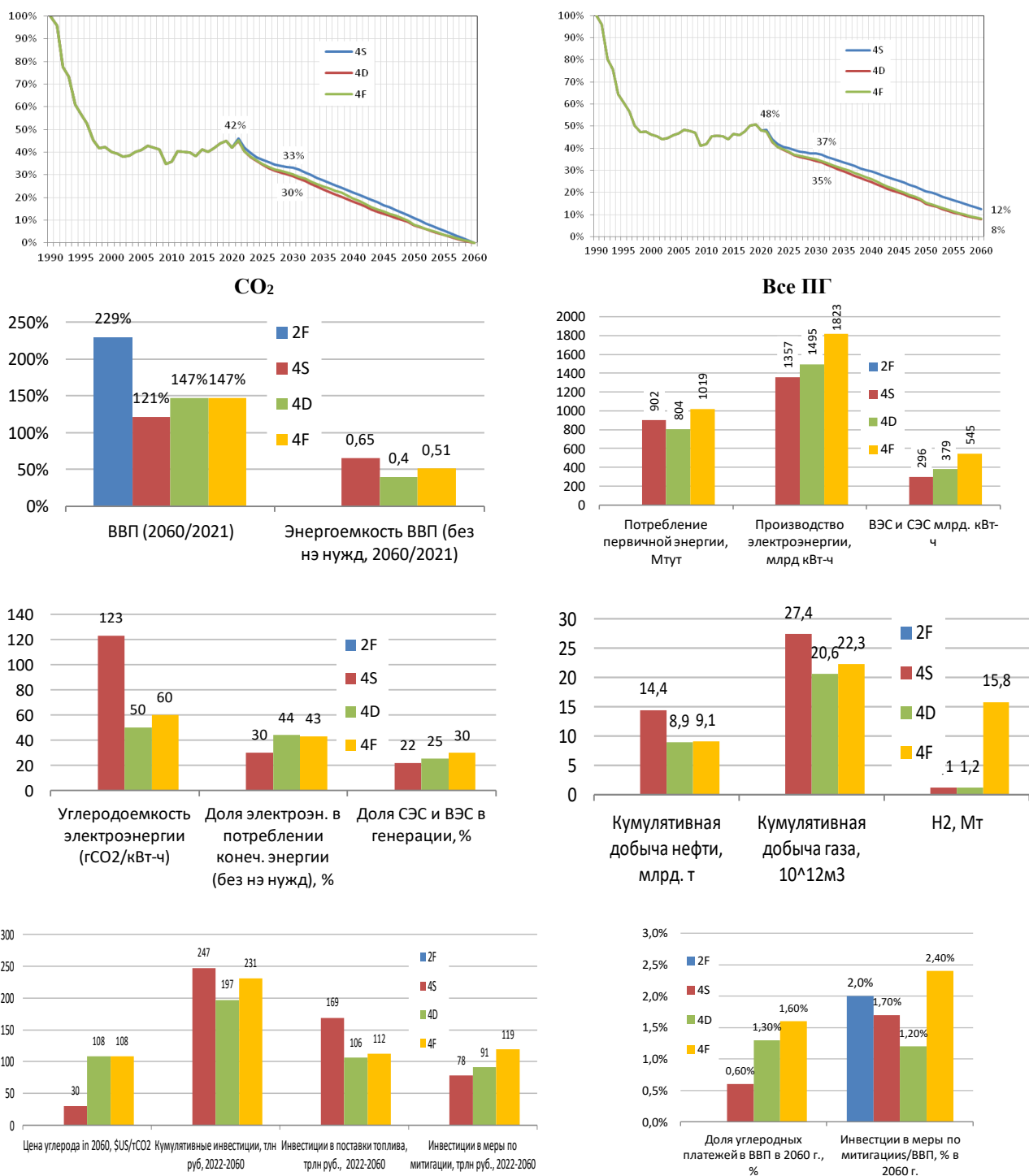
Источник: ЦЭНЭФ – XXI

Рисунок 11. Доли затрат на энергию в сценарии 4D



Источник: ЦЭНЭФ – XXI.

Рисунок 12. Эффекты и затраты перехода к углеродной нейтральности к 2060 г. Сравнение сценариев



Источник: ЦЭНЭФ – XXI.