



# **Движение России к углеродной нейтральности: развилки на дорожных картах**

**Москва, декабрь 2023 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



### **Олег Лебедев**

Исследователь  
ЦЭНЭФ – XXI



### **Анна Мышак**

Ведущий исследователь  
ЦЭНЭФ – XXI



# Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>4</b>
<b>1 НЕТ ОДНОЙ ДОРОГИ В БУДУЩЕЕ. НУЖНА ДОРОЖНАЯ КАРТА, ЧТОБЫ ВЫБРАТЬ ПРАВИЛЬНУЮ ДОРОГУ</b> .....	<b>8</b>
1.1 Концепция, методы и инструменты картирования .....	9
1.2 Основная развилка: <i>FOREST FIRST</i> или <i>FOREST LAST</i> .....	9
1.3 Что делать? Направления для дорожных карт в секторах. Технологии и меры политики .....	14
1.4 Кому делать? Кадры решают все! Компетентных кадров должно быть достаточно. Институты и человеческий капитал .....	16
<b>2 КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ КАРТИРОВАНИЯ</b> .....	<b>18</b>
2.1 Границы и предмет картирования .....	19
2.2 Инструменты картирования .....	20
2.3 Логика картирования .....	24
<b>3 СИСТЕМНЫЙ УРОВЕНЬ</b> .....	<b>26</b>
3.1 Эволюция прогнозных оценок и обязательств России по контролю за выбросами парниковых газов .....	27
3.2 Основная развилка на траекториях достижения углеродной нейтральности .....	30
3.3 <i>4D</i> : дорожная карта на агрегированном уровне .....	37
3.3.1 <i>Целевые индикаторы</i> .....	37
3.3.2 <i>Три области (домена) мер политики декарбонизации и пять ее опор</i> .....	40
<b>4 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА</b> .....	<b>46</b>
4.1 Целевые индикаторы .....	47
4.2 Дорожная карта .....	49
<b>5 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА</b> .....	<b>54</b>
5.1 Целевые индикаторы .....	55
5.2 Дорожная карта .....	56
<b>6 ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b> .....	<b>60</b>
6.1 Целевые индикаторы .....	61
6.2 Дорожная карта декарбонизации в энергоемких отраслях промышленности .....	63
<b>7 ТРАНСПОРТ</b> .....	<b>69</b>
7.1 Целевые индикаторы .....	70
7.2 Дорожная карта .....	72
<b>8 ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ</b> .....	<b>76</b>
8.1 Целевые индикаторы .....	77
8.2 Дорожная карта .....	78
<b>9 ВОДОРОД</b> .....	<b>83</b>
9.1 Целевые индикаторы .....	84
9.2 Дорожная карта .....	85

# Введение

Более 160 стран мира в той или иной форме взяли на себя обязательства по достижению углеродной нейтральности к 2030-2070 годам.<sup>1</sup> Задача выхода на углеродную нейтральность не позднее 2060 года сформулирована в *Климатической Доктрине Российской Федерации*. Однако многим планам по декарбонизации не хватает конкретности. В итоге они реализуются слишком медленно, сталкиваясь с усилением протекционизма, осложнением геополитических проблем (безопасности, надежности цепочек поставок), что мешает набрать необходимые темпы продвижения к углеродной нейтральности.<sup>2</sup> Для того чтобы действия по декарбонизации были понятны, согласованы на всех уровнях принятия и реализации решений и получили широкую общественную поддержку, нужен ясный и понятный план действий – дорожная карта – по трансформации нынешней сырьевой модели экономического и социально-политического развития России в модель инклюзивной и справедливой инновационной низкоуглеродной экономики.

Согласно *Cambridge Dictionary*, дорожная карта (*roadmap*) – это план по достижению цели или достижению заданного видения будущего (“*a plan for how to achieve a vision or goal*”).<sup>3</sup> Альтернативные определения дорожной карты – применение пространственно-временной структурированной стратегической линзы;<sup>4</sup> стратегический план, который наносит цели и основные результаты (задачи, этапы) на временную шкалу.<sup>5</sup> Главное достоинство дорожной карты – не в глубине анализа, а в использовании структурированных визуальных представлений о взаимной развернутой во времени связи многообразных процессов, необходимых для достижения поставленных целей. Это первая итерация, «карандашный набросок» будущей многофигурной композиции.

В отличие от обычной двухмерной карты, дорожные карты по достижению углеродной нейтральности требуют большего числа измерений и метрик. В рамках данной работы основными являются 5 опор, или метрик, политики декарбонизации: технологии; нормативная база, включая стратегические и программные документы; финансы и экономические стимулы для их привлечения; институты для разработки и реализации намеченных мер политики и человеческий капитал, способный приводить все механизмы низкоуглеродной трансформации в движение в правильном направлении с желаемой скоростью. Дорожные карты должны обеспечивать согласованность действий не только всех заинтересованных лиц в рамках отдельных секторов, но и координировать действия между секторами. Должна обеспечиваться согласованность действий во времени. Для масштабирования низкоуглеродных технологий должны быть подготовлены условия, должно быть понятно не только кто и что делает, но и когда. Дорожная карта для каждого сектора должна быть результатом консультаций всех заинтересованных сторон и экспертов. Понятно, что при этом неизбежно противостояние между группами с традиционными ценностями сырьевой экономики и возникающими группами, развивающими бизнес на зеленых технологиях, приводящих к «дефоссилизации» экономики.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> <https://eciu.net/netzerotracker>.

<sup>2</sup> [ECF annual report 2022: Advancing climate action for a green, democratic and peaceful Europe - European Climate Foundation](#).

<sup>3</sup> [ROAD MAP | English meaning – Cambridge Dictionary](#).

<sup>4</sup> Roadmapping is “*the application of a temporal–spatial structured strategic lens*”. Phaal R. and C. Kerr. Guest Editorial: New Perspectives on Roadmapping: Foreword. February 2022. IEEE Transactions on Engineering Management 69(1):3-5. DOI: 10.1109/TEM.2021.3094961.

<sup>5</sup> Roadmaps – A Complete Guide with Examples, Tools & Tutorials ([officetimeline.com](http://officetimeline.com)).

<sup>6</sup> [News \(ecccc.org\)](#).

Актуальность подготовки Дорожной карты связана с тем, что в 2025 году, согласно положениям Парижского соглашения, Россия должна подготовить Второй определяемый на национальном уровне вклад (ОНУВ) с новым – более амбициозным, чем в первом ОНУВ, целевым показателем сокращения выбросов парниковых газов к 2035 году, который, по-видимому, как и первый, будет оформлен Указом Президента Российской Федерации и представлен в секретариат РКИК ООН. К концу 2024 года *Операционный план* также предполагает утверждение целевых показателей сокращения выбросов парниковых газов для отраслей и секторов экономики.

Дорожная карта отличается от плана или программы. В последних должно даваться детальное описание действий, должны определяться сроки, исполнители и ресурсы для выполнения плановых или программных заданий. Примером является «*План мероприятий (операционный план) по реализации Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года*». Уже подготовлена третья версия *Операционного плана*. Это документ почти на 200 страниц, который содержит перечень действий правительства в основном до 2025 года, нацеленных на выполнение указанной Стратегии (СНУР).

Обсуждение траекторий движения к углеродной нейтральности нужно с чего-то начинать. Данная работа – попытка положить на стол для дальнейшего обсуждения материал с горизонтом видения до момента достижения углеродной нейтральности в 2060 году. Его положения могут стать предметом критики, возможно, жесткой. Но хочется, чтобы и сама работа, и ее обсуждение дали импульс к реальным действиям, переходу от риторики к практике. Процесс составления дорожной карты может быть более важным, чем его результат – сама дорожная карта.<sup>7</sup> Этот процесс позволяет представить и по возможности согласовать стратегическое видение будущего, которое еще нигде не написано. Консенсус, как его понимает правительство, может быть сопряжен с высокими рисками, если государство предпочитает слышать только свой собственный голос или подбирает участников дискуссий по принципу лояльности. Любая стратегия или дорожная карта должна подвергаться сомнению и критике. Мнение строптивного меньшинства может оказаться более ценным, чем мнение лояльного большинства.

В дорожной карте много развилки. Первая: переход на низкоуглеродную модель развития тормозит или ускоряет экономический рост? После долгих дискуссий в *Стратегии низкоуглеродного развития* возобладала вторая точка зрения. Принятое на COP28 решение о постепенном отказе от ископаемого топлива означает бесперспективность сохранения опоры на экспорт топлива как главный драйвер роста. В будущем не будет никакой экономики, кроме низкоуглеродной.<sup>8</sup> Следующая развилка: за счет каких мер и секторов решать проблему? Здесь споры идут вокруг приоритета природных решений в секторе ЗИЗЛХ или приоритета применения низкоуглеродных технологий в процессах сжигания топлива и в промышленных процессах. В плане инвестиций развилка определяется так: сохранение приоритета топливных технологий или переключение на финансирование новых зеленых технологий. В каждом секторе эти развилки множатся.

Главной же является такая развилка: продолжать говорить, или начинать действовать? В качестве приоритетов мер политики по контролю за выбросами ПГ на протяжении многих лет называют повышение энергоэффективности и увеличение стоков в российских лесах. Это риторика. Это сломанная пластинка, заевшая на одном месте.<sup>9</sup> Тем временем вялые действия приводят к тому, что Россия проиграла гонку за повышение энергоэффективности. В 2015-2022 годах энергоемкость ВВП в России росла в среднем на

<sup>7</sup> [Roadmapping as process — cambridge roadmapping.](#)

<sup>8</sup> [MISSION ZERO - Independent Review of Net Zero \(publishing.service.gov.uk\)](#)

<sup>9</sup> United Nations Environment Programme (2023). Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). Nairobi. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43922>.

1,4% в год. Если из расчета энергоемкости убрать использование топлива на неэнергетические нужды, то получим снижение на 0,5% в год против снижения в ЕС на 2,7%, в США и Турции – на 1,9%, Китае – на 2,1%, в Великобритании – на 3,5%, в Нидерландах – на 3,9%.<sup>10</sup> На фоне активных разговоров о лесных проектах нетто-стоки в секторе ЗИЗЛХ в 2010-2021 гг. не выросли, а *сократились* на 213 млн тСО<sub>2</sub>экв. В преддверии COP-28 МЭА выступило с пятью инициативами: утроение к 2030 г. мощности ВИЭ; удвоение темпов повышения энергоэффективности; сокращение утечек метана на 75%; утроение инвестиций в чистую энергетику и принятие мер, обеспечивающих планомерное сокращение использования ископаемого топлива, включая прекращение новых разрешений на использование угольных электростанций.<sup>11</sup> 118 стран подписались под первыми двумя пунктами.<sup>12</sup> Россия промолчала, но она может сравнительно легко решить первые две задачи.

Представленные в данной работе результаты – это продолжение серии работ ЦЭНЭФ-XXI по исследованию перспектив достижения Россией углеродной нейтральности к 2060 г. В 2022 г. в работе «Углеродная нейтральность в России: ухабистые траектории до 2060 года» были рассмотрены 3 сценария – 4S, 4D и 4F. Анализ показал, что достижение углеродной нейтральности к 2060 г. возможно без увеличения нетто-стока в ЗИЗЛХ и без дополнительной потребности в инвестициях, но при смещении фокуса инвестиций в энергетику с ископаемых видов топлива на низкоуглеродные технологии.<sup>13</sup> В работе «Внешняя торговля, экономический рост и декарбонизация в России. Долгосрочные перспективы» были уточнены параметры развития экономики России до 2060 года и показано, что в новых условиях, когда санкции вынуждают двуглавого орла смотреть только на Восток, ВВП России к 2060 году может снизиться или остаться на нынешнем уровне. Для обеспечения его роста необходима трансформация экономики на новой низкоуглеродной основе.<sup>14</sup> В работе «Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы» были оценены три разрыва: технологический разрыв (нехватка экономически доступных низкоуглеродных технологий с высоким уровнем технологической готовности), разрыв предложения (нехватка на рынках технологий, услуг по их установке и эксплуатации в масштабах, позволяющих двигаться по намеченным траекториям углеродной нейтральности) и разрыв локализации, а также пути их возможного преодоления.<sup>15</sup> В работе «Распределительные эффекты от мер по декарбонизации экономики России» было показано, что эффект от любой меры политики декарбонизации можно сделать нейтральным или прогрессивным за счет изменения механизмов социальной поддержки без увеличения сумм такой поддержки.<sup>16</sup> Многие

<sup>10</sup> Подробнее см. Башмаков, И.А., Мышак, А.Д., Башмаков, В.А., Башмаков, В.И., Борисов, К.Б., Дзедзичек, М.Г., Лунин А.А., Лебедев, О.В. (2023) Оценка вклада технологического фактора в повышение энергоэффективности и в динамику повышения выбросов ПГ в секторе «энергетика» России, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 9, № 4, с. 210-248, doi:10.21513/2410-8758-2023-4-210-248; Bashmakov I., A. Myshak, V.A. Bashmakov, V.I. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichек, A. Lunin, O. Lebedev, and T. Shishkina (2023). Russian energy balance, energy efficiency, and energy-related GHG emission accounting system. *Energy Efficiency*. 16:67. <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10132-6>.

<sup>11</sup> [What does COP28 need to do to keep 1.5 °C within reach? These are the IEA's five criteria for success – Analysis - IEA](https://www.iea.org/press-releases/What-does-COP28-need-to-do-to-keep-1.5-C-within-reach?utm_source=iea&utm_medium=press-release)

<sup>12</sup> [118 nations commit to triple renewable energy by 2030 at COP28 \(aa.com.tr\)](https://www.aacommunity.com/news/118-nations-commit-to-triple-renewable-energy-by-2030-at-cop28)

<sup>13</sup> Bashmakov I., V. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichек, A. Lunin, I. Govor. 2022. Russia's carbon neutrality: pathways to 2060. *CENEF-XXI*. <https://cenef-xxi.ru/articles/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060>

<sup>14</sup> Башмаков И.А. Внешняя торговля, экономический рост и декарбонизация в России. Долгосрочные перспективы. Москва, апрель 2023 г. [https://cenef-xxi.ru/uploads/RUS\\_Vneshnyaya\\_torgovlya\\_ekonomicheskij\\_rost\\_Perspektivy\\_463a2412c5.pdf](https://cenef-xxi.ru/uploads/RUS_Vneshnyaya_torgovlya_ekonomicheskij_rost_Perspektivy_463a2412c5.pdf)

<sup>15</sup> Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglерodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>

<sup>16</sup> Башмаков И.А. Распределительные эффекты от мер по декарбонизации экономики России. Октябрь 2023. [Distribution\\_effects\\_787b4369e3.pdf](https://cenef-xxi.ru/uploads/Distribution_effects_787b4369e3.pdf) (cenef-xxi.ru).

параметры, использованные при формировании дорожных карт, заимствованы из этих работ.

Работа состоит из 9 глав. По сложившейся в ЦЭНЭФ-XXI традиции, в первой главе сведены все основные выводы. Во второй описаны инструменты и методы анализа. В третьей отражен системный уровень, показана эволюция прогнозных оценок и обязательств России по контролю за выбросами парниковых газов, определена основная развилка на траекториях достижения углеродной нейтральности – *Forest First (2F)* или *Forest Last* – и представлен набросок целевых индикаторов и дорожной карты достижения углеродной нейтральности на агрегированном уровне. В последующих главах представлены целевые индикаторы и наброски дорожных карт в электроэнергетике, теплоэнергетике, промышленности, на транспорте, в зданиях и для водорода.

И. Башмаков (введение и главы 1-9). В. Башмаков (глава 7), К. Борисов (глава 6), М. Дзедзичек (глава 5), А. Лунин (глава 4), О. Лебедев (глава 9) и А. Мышак (глава 8).

Редактирование текста – Татьяна Шишкина. Оформление – Оксана Ганзюк.

Игорь Башмаков  
Генеральный директор  
ЦЭНЭФ – XXI

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

**1**

**Нет одной дороги  
в будущее.  
Нужна дорожная  
карта,  
чтобы выбрать  
правильную дорогу**

## 1.1 Концепция, методы и инструменты картирования

**Логика формирования дорожной карты – это получение ясных ответов на семь вопросов:**

- что мы знаем о проблеме?
- каких изменений мы хотим добиться?
- что нам мешает?
- что будем и чего не будем делать?
- кто и за что будет отвечать?
- правильно ли мы это делаем?
- как мы узнаем, что добились нужных изменений?

**В данной работе дорожные карты сформированы для системного уровня, а также для:**

- электроэнергетики, теплоэнергетики, углеродоемких отраслей промышленности, автомобильного транспорта, жилых зданий и производства водорода.
- По каждому сектору рассматривается несколько технологий, целевые масштабы использования которых позволяют обеспечить достижение углеродной нейтральности для России в 2060 году.
- Для всех секторов используются типовые шаблоны дорожных карт.
- Рассматриваются два временных интервала: краткосрочный – до 2030 года и долгосрочный – до 2060 года.

**Используется пять метрик, или опор, политики декарбонизации:**

- технологии;
- нормативная база, включая стратегические и программные документы;
- финансы и экономические стимулы для их привлечения;
- институты для реализации намеченных мер политики;
- человеческий капитал, способный приводить все механизмы низкоуглеродной трансформации в движение в правильном направлении с желаемой скоростью.

**Дорожная карта для технологий отражает:**

- целевые масштабы их использования;
- эффекты от их применения.

В данной работе они оценены с помощью системы («облака») взаимосвязанных моделей, разработанных ЦЭНЭФ-XXI.

**Дорожная карта для нормативных документов –**

- это, по сути, дорожная карта мотивации, включающая, административные, рыночные и информационные механизмы.

**Дорожная карта институтов и человеческого капитала –**

- это дорожная карта обеспечения намеченных мер политики ресурсами, способными грамотно приводить в движение все механизмы реализации политики декарбонизации.

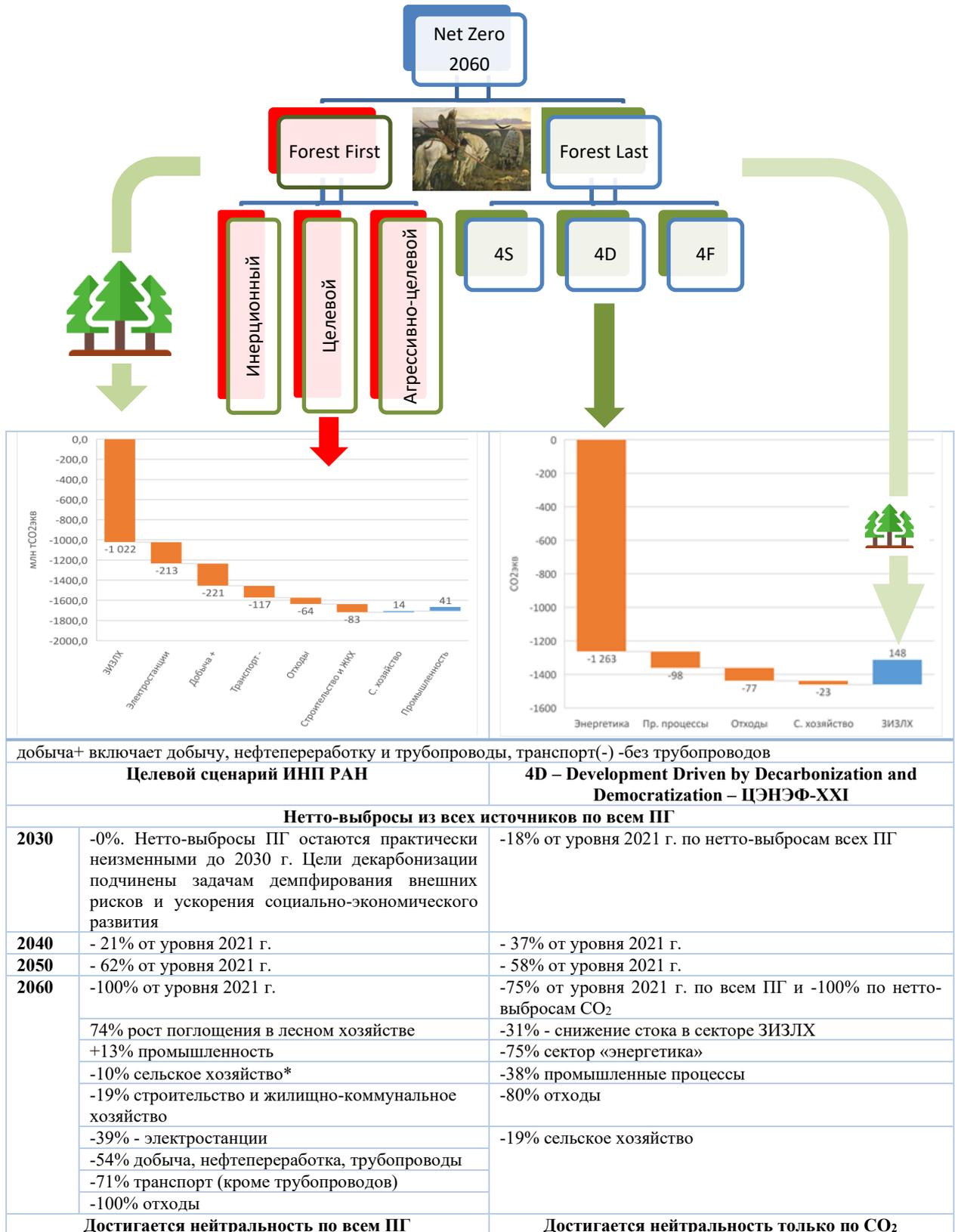
## 1.2 Основная развилка: *Forest First* или *Forest Last*

**Эволюция взглядов на перспективную динамику выбросов ПГ отразилась в повышении амбиций**

- Российские эксперты имеют более чем 30-летний опыт прогнозирования выбросов ПГ.
- Пересмотр перспектив развития экономики привел к смещению уровня верхних оценок для 2050 года вниз на 1,5-3,2 ГтСО<sub>2</sub>экв.

- России по контролю за выбросами**
- Не амбиции по сокращению выбросов ПГ стали тормозом экономического роста, а наоборот, его замедление в результате консервации ресурсной модели экономики с последующим пересмотром будущих экономических перспектив в сторону понижения привело к существенной коррекции оценок выбросов ПГ.
- Россия приняла амбициозное обязательство по достижению к 2060 году баланса между антропогенными выбросами и их поглощением не только по CO<sub>2</sub>, что означало бы углеродную нейтральность, но и по всем ПГ**
- Возможно, это произошло потому, что в России невнимательно читают доклады МГЭИК.
  - В Шестом оценочном докладе Третьей рабочей группы МГЭИК показано, что для ограничения потепления уровнями 1,5-2°С снижение выбросов всех ПГ к 2060 году до нуля не требуется. Снижение до нуля касается только CO<sub>2</sub>, а по метану, закиси азота и другим ПГ требуется кратное снижение выбросов, но не до нуля.
  - Семейство сценариев перехода к углеродной (парниковой) нейтральности, сформированных после объявления Россией обязательства по углеродной нейтральности в октябре 2021 г. и после начала специальной военной операции в феврале 2022 г. крайне ограничено.
- Еще при подготовке Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низкими выбросами парниковых газов до 2050 года сформировалась первая развилка и проявились два принципиально разных видения стратегии декарбонизации (рис. 1.1)**
- *Forest First (2F)*. Эта траектория дает замораживание выбросов ПГ до 2030 г. Затем происходит нереалистичное наращивание нетто-стоков в ЗИЗЛХ. Низкоуглеродная стратегия не должна строиться на снижении выбросов или росте стоков ПГ только в одном секторе. По сути, 2F – это сценарий «заброшенной России», покинутой ее населением.
  - *Forest Last*. Эта траектория обеспечивает достижение углеродной нейтральности, которое к 2060 году приводит к нулевым нетто-выбросам по CO<sub>2</sub> и к существенному снижению нетто-выбросов всех ПГ. Снижение происходит *во всех секторах* относительно плавно. Нетто-стоки в секторе ЗИЗЛХ не растут, и этот сектор рассматривается как замыкающий – последняя надежда России на достижение углеродной нейтральности.
- Для траекторий *Forest Last* снижение выбросов ПГ предполагается уже к 2030 году и затем происходит во всех секторах при некотором снижении нетто-стоков в ЗИЗЛХ (табл. 1.1).**
- Дорожная карта – это план по достижению цели или заданного видения будущего. В данной работе видение будущего – это сценарий 4D из группы сценариев *Forest Last*.
  - Нетто баланс выбросов и стоков к 2060 г. достигается только по CO<sub>2</sub>.
  - По всем ПГ нетто-выбросы сокращаются на 91% от уровня 1990 г., но остаются положительными.

**Рисунок 1.1 Основная развилка на траекториях достижения углеродной нейтральности**



Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

**Таблица 1.1 Целевые показатели снижения выбросов ПГ и CO<sub>2</sub> в секторах для сценария 4D**

	2021	2030		2040	2050	2060	
Нето-выбросы всех ПГ, млн тCO <sub>2</sub> экв	1504	1375	-9%	1003	592	275	-72%
Нето-выбросы CO <sub>2</sub> , млн тCO <sub>2</sub>	1180	1001	-15%	642	276	0	-100%
Выбросы в секторе «энергетика», млн тCO <sub>2</sub>	1501	1275	-15%	932	618	353	-76%
Производство электроэнергии, млн тCO <sub>2</sub>	557	482	-13%	371	243	117	-79%
Производство тепловой энергии, млн тCO <sub>2</sub>	355	315	-11%	280	228	174	-51%
Промышленность и строительство*, млн тCO <sub>2</sub>	344	243	-29%	141	74	49	-86%
Транспорт*, млн тCO <sub>2</sub>	264	207	-22%	149	96	60	-77%
Здания*, млн тCO <sub>2</sub>	516	491	-5%	432	342	245	-53%
Сельское хозяйство*, млн тCO <sub>2</sub>	27	26	-4%	21	20	15	-44%
Коммунальный сектор*, млн тCO <sub>2</sub>	9	6	-33%	3	1,4	0,3	-97%
Промышленные процессы, млн тCO <sub>2</sub>	210	220	+5%	176	126	107	-49%
ЗИЗЛХ, млн тCO <sub>2</sub>	-532	-510	-4%	-479	-447	-415	-22%
CCUS, млн тCO <sub>2</sub>				8	31	52	∞

\*Включая косвенные выбросы. Поэтому суммы по секторам превышают показатель выбросы в секторе энергетика

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

**Потребность в стратегических решениях возникает тогда, когда существующая технологическая система и система управления упираются в «пределы роста» или в «пределы изменений»**

Существуют три основных модели принятия инвестиционных и управленческих решений:

- **Удовлетворенность** – это модель «неоптимального» поведения, или «ограниченной рациональности».
- **Оптимизация** – это зона действия неоклассических теорий и теории максимизации благосостояния, согласно которым экономический человек, или типовой рыночный агент (*homo economicus*), оптимизирует затраты и выгоды.
- **Трансформация системы** – перестройка технологической базы и структуры экономики, позволяющая выйти за «пределы роста» или за сложившиеся «пределы изменений», позволяя решать стратегические задачи в ответ на такие масштабные вызовы, как изменение климата или отставание в технологической гонке.
- Прогресс в любом направлении позволяет обеспечить прогресс и в других.

**Набор мер политики по декарбонизации должен сформировать необходимые изменения в первых двух моделях принятия решений и базу для запуска третьей**

Для достижения приведенных выше целевых показателей необходимо реализовать широкий набор мер политики, позволяющий:

- внедрить компоненту декарбонизации в три описанные выше модели принятия решений;
- сформировать пять опор для обеспечения устойчивого и эффективного процесса снижения выбросов ПГ (табл. 1.2).

**Таблица 1.2 Пять опор процесса декарбонизации для экономики в целом**



### 1.3 Что делать? Направления для дорожных карт в секторах. Технологии и меры политики

- |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Электроэнергетика.<br/>Формирование целевых показателей сокращения выбросов ПГ</b>                                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• АЭС новых поколений, малые АЭС, замыкание ядерного топливного цикла.</li><li>• Национальный мега-проект по развитию ВИЭ. ВЭС ультрамегаваттного класса и на шельфе. СЭС с существенным повышением КПД.</li><li>• Сетевые системы накопления энергии, включая ГАЭС и водород. Использование внешних систем накопления у потребителей для выравнивания графика нагрузки.</li><li>• Совершенствование тарифных и фискальных механизмов поддержки развития АЭС, ВИЭ и СНЭ. Придание цены ресурсу гибкости.</li><li>• Введение цены на углерод</li><li>• Госзакупки «зеленой» энергии.</li></ul>                                                                          |
| <b>Теплоэнергетика.<br/>Увеличение охвата системами СЦТ 4-го и 5-го поколений</b>                                                                  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Низкотемпературные источники тепловой энергии и системы передачи тепла.</li><li>• Интеграция систем отопления и охлаждения.</li><li>• Интеграция систем СЦТ в интеллектуальные энергетические системы.</li><li>• Установление минимальных требований по доле выработки тепла в СЦТ на безуглеродных источниках.</li><li>• Запрет на подключение новых МКД и общественно-деловых зданий к СЦТ ниже 4-го и 5-го поколений.</li><li>• Формирование новых моделей рынка тепла и схем ценообразования.</li><li>• Введение цены на углерод.</li></ul>                                                                                                                      |
| <b>Энергоемкая промышленность.<br/>Отраслевые стратегии декарбонизации.<br/>Долгосрочные целевые соглашения по НДТ или Планы по декарбонизации</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Производство железа прямого восстановления (DRI) с использованием водорода и CCUS.</li><li>• Производство алюминия по технологиям предварительно обожженных и «инертных» анодов.</li><li>• Производство цемента с ростом добавок и вторичных ресурсов, использованием альтернативного топлива и CCUS.</li><li>• Производство аммиака с использованием «зеленого» водорода и CCUS.</li><li>• Фонд низкоуглеродных инноваций.</li><li>• Фонд развития промышленности.</li><li>• Софинансирование НИОКР.</li><li>• Механизмы торговли квотами на выбросы ПГ или схемы взимания цены на углерод.</li><li>• Государственные закупки низкоуглеродных материалов.</li></ul> |
| <b>Автомобильный транспорт.<br/>Подготовка и запуск Национального мега-проекта по развитию электротранспорта</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Формирование широкой линейки моделей электромобилей (ЭМ) для разных групп потребителей. Разработка «северного» варианта ЭМ.</li><li>• Формирование цепочек поставок для производства ЭМ.</li><li>• Введение стандартов на автомобили с низким уровнем выбросов ПГ.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

- Целевые соглашения с автопроизводителями или нормативные требования по минимальной доле ЭМ в выпуске.
- Пуск новых заводов по производству ЭМ и электробусов и повышение уровня локализации до 70-90%.
- Госзакупки ЭМ.
- Введение цены на углерод.
- Софинансирование НИОКР.

**Здания.  
Федеральные  
программы: «Активное  
строительство пассив-  
ных зданий» и  
«Глубокая и широкая  
реновация»**

- Разработка и освоение перспективных технологий повышения сопротивления теплопередаче: аэрогели, пенокерамика, материалы с фазовым переходом.
- Разработка новых технологий балансирования спроса и предложения тепла в зданиях для систем теплоснабжения 4-го и 5-го поколений, интегрирующих все системы энергоснабжения и хранения энергии в зданиях.
- Налоговые льготы застройщикам, достигающим высоких параметров энергоэффективности зданий.
- Софинансирование глубокого энергоэффективного капитального ремонта.
- «Зеленая» ипотека.
- «Белые сертификаты».
- Разработка подпрограммы «ВИЭ в зданиях» с целевыми показателями декарбонизации в рамках национального мега-проекта по развитию ВИЭ.

**Водород.  
Механизмы поддержки  
в зависимости от  
углеродного следа и  
уровня локализации  
производства водорода  
и электролизеров**

- Организация и масштабирование серийного производства электролизеров гигаваттного масштаба с высокими уровнями локализации.
- Организация полномасштабного производства оборудования, а также создание инфраструктуры для безопасного производства, транспорта и хранения водорода и водородсодержащих продуктов с постепенным повышением уровней локализации.
- Запуск региональных водородных кластеров (хабов) и первых крупных проектов в промышленности.
- Развертывание производства водородных топливных элементов (ячеек) нового поколения. Освоение технологий производства и применения водорода в качестве накопителя энергии.

## 1.4 Кому делать? Кадры решают все! Компетентных кадров должно быть достаточно. Институты и человеческий капитал

**Придание декарбонизации экономики статуса национального приоритета с включением в отраслевые стратегии.**

**Рывок в повышении административных компетенций.**

**Формирование департаментов по декарбонизации в федеральных и региональных органах власти и повышение их компетенций**

**Институты развития и финансовые институты**

**Профессиональные ассоциации и корпоративный сектор – реализация отраслевых стратегий, Долгосрочных соглашений или Планов по декарбонизации.**

**Кратное повышение потенциала (числа сотрудников и их компетенций) в сфере декарбонизации.**

- Администрация Президента.
- Правительство РФ, включая Минэкономразвития России, Минэнерго России, Минпромторг России, Минтранс России, Минстрой России, Минфин России, другие министерства, Агентство стратегических инициатив, подведомственные организации.
- Федеральное собрание РФ.
- Центральный банк РФ.
- Органы власти субъектов РФ и муниципальные органы власти.
- Разработка и реализация для них программ *систематической* подготовки для наращивания компетенций с использованием информационных ресурсов научных организаций, инновационных, мозговых, образовательных и инжиниринговых центров.
- Создание таксономий и управление реализацией программ декарбонизации.
- Создание Фонда низкоуглеродных инноваций.
- Повышение компетенций в сфере управления реализацией программ декарбонизации таких институтов, как Фонд развития промышленности, Сбер, ВЭБ.РФ, Дом.РФ, другие банки.
- Госкорпорации: Росатом, Ростех, Роснано, Сколково, Фонд развития территорий, РЖД и др.
- Корпоративный сектор: генерирующие, нефтяные, газовые, металлургические, химические, строительные, транспортные компании, производители строительных материалов, инновационного оборудования и др.
- Промышленные и профессиональные ассоциации: РСПЦ, «Деловая Россия», Совет производителей энергии, Аллюминиевая ассоциация, РАВИ, АРВЭ, НОСТРОЙ, Российский топливный союз, Ассоциация «Российские автомобильные дилеры», Союз машиностроителей России, Ассоциация индустриальных парков России и др.

- Научные организации, инновационные, мозговые, образовательные и инжиниринговые центры, конструкторские бюро. Развитие собственных компетенций и технологий и передача их заинтересованным сторонам.**
- НИОКР – разработка низкоуглеродных технологий и практик.
  - Коммерциализация низкоуглеродных технологий в кооперации с институтами развития и корпоративным сектором.
  - Разработка программ подготовки по декарбонизации в разных секторах экономики.
  - Кратное увеличение подготовки специалистов по ВИЭ, электромобилям и системам накопления энергии, СЦТ 4-го и 5-го поколений, производства оборудования для низкоуглеродных технологий и его использования в промышленности, включая производство водорода, строительство зданий с низким потреблением энергии, экологичную утилизацию отслужившего низкоуглеродного оборудования и др.
  - Кратное увеличение подготовки специалистов в сфере разработки, реализации и мониторинга мер политики декарбонизации, создания интеллектуальных систем, калькуляторов углеродного следа и др.
- Гражданское общество – формирование базовых знаний для выбора модели принятия климатически дружественных решений и возможности влиять на государственную политику контроля за выбросами ПГ**
- Формирование эффективных каналов коммуникаций:
    - Сверху-вниз – для доведения до гражданского общества сути управленческих решений по декарбонизации;
    - Снизу-вверх – для обеспечения влияния гражданского общества на процессы принятия управленческих решений.
  - Создание и укрепление потенциала общественных климатических (например «Низкоуглеродная Россия») и экологических движений.
  - Существенное развитие информационных ресурсов, включая калькуляторы личного углеродного следа.
  - Анализ распределительных эффектов от предлагаемых мер политики контроля за выбросами ПГ и использование архитектуры мер политики, позволяющих сделать их нейтральными или прогрессивными за счет изменения механизмов социальной поддержки.
  - Создание сети взаимодействия ведущих ученых – специалистов по контролю за выбросами ПГ с журналистами для предоставления СМИ объективной и высококачественной информации.

# 2

## **Концепция, методы и инструменты картирования**

## 2.1 Границы и предмет картирования

**Разработка дорожных карт декарбонизации экономики стала важным инструментом климатической политики, позволяя скоординировать действия заинтересованных сторон как в пространстве (между секторами, органами власти, бизнесом и населением, между отдельными мерами, между их разработчиками и исполнителями), так и во времени (заблаговременная коммерциализация необходимых низкоуглеродных технологий, разработка нормативных актов, расширяющих рыночные ниши для них; создание институтов, способных реализовывать разработанные административные или рыночные механизмы стимулирования; своевременная и качественная подготовка кадров и др.**

**В данной работе дорожные карты сформированы для системного уровня, для электроэнергетики, теплоэнергетики, углеродоемких отраслей промышленности, автомобильного транспорта, жилых зданий и производства водорода. Существуют разные подходы к разработке дорожных карт и разные степени охвата ими видов деятельности: общенациональные,<sup>17</sup> секторные,<sup>18</sup> для продвижения отдельных технологий.<sup>19</sup>**

**Используется пять метрик, или опор, политики декарбонизации России:**

- технологии;
- нормативная база, включая стратегические и программные документы;
- финансы и экономические стимулы для их привлечения;
- институты для реализации намеченных мер политики;
- человеческий капитал, способный приводить все механизмы низкоуглеродной трансформации в движение в правильном направлении с желаемой скоростью.

**По каждому сектору рассматривается несколько технологий, целевые масштабы использования которых позволяют обеспечить достижение углеродной нейтральности для России в 2060 году.<sup>20</sup> Их перечень и развернутые до 2060 года целевые масштабы использования, объемы производства, уровни локализации определены в работе «Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы».<sup>21</sup>**

**Дорожная карта для нормативных документов и определяемых ими стимулов – это, по сути, дорожная карта мотивации,<sup>22</sup> т. е. карта административных и экономических механизмов, позволяющих повысить приоритетность задач декарбонизации для лиц, принимающих решения, за счет дополнительной мотивации, обеспеченной финансовыми стимулами и перспективами повышения профессионального статуса. Важным аспектом**

<sup>17</sup> Roadmap to 2050. A Manual for Nations to Decarbonize by Mid-Century. SDSN and FEEM. September 2019.

<sup>18</sup> GlobalABC/IEA/UNEP (Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency, and the United Nations Environment Programme) (2020): GlobalABC Roadmap for Buildings and Construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector, IEA, Paris. Shankar A, Saxena A K, and Idnani T. 2022. Roadmap to India's 2030 Decarbonization Target. New Delhi: The Energy and Resources Institute.

<sup>19</sup> IEA. Iron and Steel Technology Roadmap. Towards more sustainable steelmaking. October 2020; IEA. Ammonia Technology Roadmap. Towards more sustainable nitrogen fertilizer production. October 2021.

<sup>20</sup> Башмаков И.А. Внешняя торговля, экономический рост и декарбонизация в России. Долгосрочные перспективы. Москва, апрель 2023 г. [https://cenef-xxi.ru/uploads/RUS\\_Vneshnyaya\\_torgovlya\\_ekonomicheskij\\_rost\\_Perspektivy\\_463a2412c5.pdf](https://cenef-xxi.ru/uploads/RUS_Vneshnyaya_torgovlya_ekonomicheskij_rost_Perspektivy_463a2412c5.pdf); Bashmakov I., V. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichek, A. Lunin, I. Govor. 2022. Russia's carbon neutrality: pathways to 2060. CENEF-XXI. <https://cenef-xxi.ru/articles/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060;>

<sup>21</sup> Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglерodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

<sup>22</sup> Rinaudo E.K., T. Koller, and D. Schatz. Bias Busters Motivations under the microscope McKinsey. 2023. [bias-busters-motivations-under-the-microscope.pdf \(mckinsey.com\)](https://mckinsey.com/bias-busters-motivations-under-the-microscope.pdf).

разработки эффективной климатической политики является пристальное внимание к оценкам ее влияния на изменение положения экономических агентов и на их способность формально или неформально консолидироваться, используя различные институты, чтобы продвигать эти меры политики или, напротив, противостоять им.<sup>23</sup>

**Дорожная карта институтов и человеческого капитала – это дорожная карта обеспечения намеченных мер политики ресурсами, способными как грамотно разработать, так и приводить в движение механизмы реализации политики декарбонизации.** Хорошо известна фраза: «Кадры решают все!». Однако часто приходится добавлять: «но часто неправильно». Чтобы механизмы низкоуглеродной трансформации заработали, нужны институты, которые приводили бы их в движение. В уставах или положениях об этих институтах задачи низкоуглеродной трансформации должны быть ясно прописаны. Но и этого мало. Все институты должны быть обеспечены подготовленными высококвалифицированными кадрами. Важность этой составляющей можно проиллюстрировать на примере политики повышения энергоэффективности в России. После принятия в 2010 году Государственной программы РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», региональных и муниципальных программ во многих федеральных и региональных министерствах и ведомствах появились ответственные за их разработку и реализацию. Было создано более 100 региональных и муниципальных центров энергосбережения. Десятки тысяч специалистов работали над реализацией этих программ. После 2014 года эта деятельность была свернута. Сейчас в федеральных министерствах и ведомствах не наберется и 5 человек, в задачи которых входит повышение энергоэффективности экономики России. Но важна не только численность, но и квалификация. Итог: Россия проиграла гонку за повышение энергоэффективности. В 2021 году Россия по уровню производительности энергии (величина, обратная энергоемкости) заняла 186-е место из 193 стран мира. В 2015-2022 гг. энергоемкость ВВП России не снижалась.<sup>24</sup> В 30 субъектах РФ в 2016-2021 гг. энергоемкость выросла. Только в двух субъектах РФ за эти годы она снизилась более чем на 5%.<sup>25</sup>

## 2.2 Инструменты картирования

**Целевые масштабы использования низкоуглеродных технологий и эффекты от применения мер политики декарбонизации в данной работе оценены с помощью системы («облака») взаимосвязанных моделей, разработанных ЦЭНЭФ-XXI (см. рис. 2.1).** Информационной базой для формирования моделей служит уже упомянутая выше модель МТФК-16-80-ПП.<sup>26</sup> Она формирует единый топливно-энергетический баланс (ЕТЭБ) и проводит анализ по 16 секторам и 80 видам экономической деятельности. Только 12 видов деятельности (с выпуском большой номенклатуры продукции, такие как производство электронного оборудования, производство продуктов питания, напитков и табака)

<sup>23</sup> Башмаков И.А. Распределительные эффекты от мер по декарбонизации экономики России. Октябрь 2023. [Distribution\\_effects\\_787b4369e3.pdf \(cenef-xxi.ru\)](https://cenef-xxi.ru/Distribution_effects_787b4369e3.pdf).

<sup>24</sup> Башмаков И.А., А.Д. Мышак, В.А. Башмаков, В.И. Башмаков, К.Б. Борисов, М.Г. Дзедзичек, А.А. Лунин, О.В. Лебедев, Т.Б. Шишкина. Оценка вклада технологического фактора в повышение энергоэффективности и динамику выбросов парниковых газов в секторе «энергетика» России. *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 10, № 1, 2024; Bashmakov I., A. Myshak, V.A. Bashmakov, V.I. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichuk, A. Lunin, O. Lebedev, and T. Shishkina (2023a). Russian energy balance, energy efficiency, and energy-related GHG emission accounting system. *Energy Efficiency*. 16:67. <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10132-6>.

<sup>25</sup> Башмаков И.А. и А.Д. Мышак. Анализ факторов, определяющих динамику энергоемкости ВРП субъектов РФ. *Энергосбережение*. № 1. 2024.

<sup>26</sup> Bashmakov I., A. Myshak, V.A. Bashmakov, V.I. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichuk, A. Lunin, O. Lebedev, and T. Shishkina. 2023. Russian energy balance, energy efficiency and energy related GHG emission accounting system. *Energy Efficiency* (2023) 16:67Vol.: (0123456789)1 3 <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10132-6>.

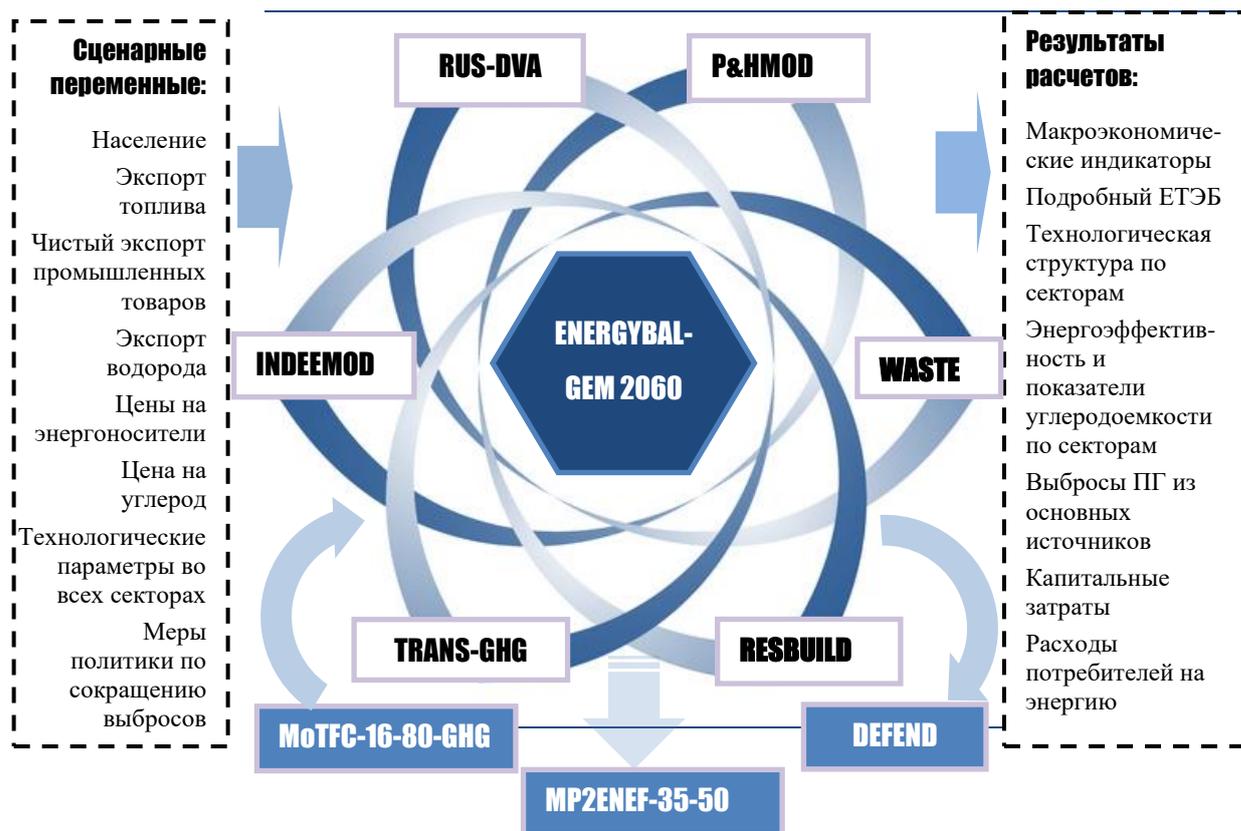
представлены физическими индексами производства. Остальные 68 видов деятельности представлены натуральными физическими показателями. В рамках этой модели решается проблема полного соответствия источников выбросов ПГ и потребления энергии по направлениям экономической активности.

«Облако» моделей сгруппировано вокруг ядра – ключевой мультисекторальной динамической имитационной модели ENERGYBAL-GEM-2060, помимо которой оно включает макроэкономическую имитационную модель RUS-DVA (2 сектора – нефтегазовый и ненефтегазовый, 5 продуктов, 6 блоков, включает блоки сценарных переменных, производства и распределения ВВП, инвестиций, внешней торговли, консолидированного бюджета и цен); ряд имитационных инженерно-экономических отраслевых моделей для электро- и теплоэнергетики (10 видов генерации электроэнергии и тепла и системы хранения энергии); промышленности (около 60 промышленных продуктов, технологий и производственных процессов); транспорта (13 видов пассажирского и 8 видов грузового транспорта плюс несколько типов транспортных средств в каждом виде, которые разбиты по видам используемого топлива и силовых агрегатов); зданий с выделением двух типов жилых зданий – многоквартирные и индивидуальные, 9 процессов потребления энергии и 4 вида оборудования для выработки электрической и тепловой энергии в зданиях, а также 15 типов общественных и коммерческих зданий с разбивкой по 5 процессам; модель для оценки выбросов от сектора отходов. Параметры моделей откалиброваны на данных за 1995-2021(2022) годы. Расчетный шаг моделей равен одному году, а горизонт прогнозирования – до 2060 г. Эти модели описаны подробно.<sup>27</sup> В модели ENERGYBAL-GEM-2060 спрос на энергию в каждом секторе является функцией показателя экономической активности и удельного энергопотребления (УЭП). Последнее является функцией совершенствования технологий, определяемых в отраслевых моделях, а также загрузкой мощностей (для промышленной деятельности и трубопроводного транспорта), климата, параметров благоустройства в жилищном секторе и средних цен на энергоносители, скорректированных на инфляцию. Спрос на отдельные энергоносители в каждом секторе зависит от соотношения цен на них. Это позволяет оценивать эффекты использования рыночных механизмов на структуру использованных энергоносителей и тем самым на объемы выбросов ПГ. Основные зависимости этой модели представлены в (Башмаков, 2009).<sup>28</sup> Прогресс УЭП определяется в зависимости от параметров выбытия, модернизации и ввода мощностей, а также ценовой конкуренции технологий с разными параметрами энергоэффективности. Первоначально он оценивается в отраслевых моделях, а затем корректируется в модели ENERGYBAL-GEM-2060 в зависимости от динамики цен на энергоносители. Последние включают цену на углерод. Таким образом, модель позволяет оценить влияние цен на динамику спроса на энергию и отдельные энергоносители. В отраслевых моделях используются функции для определения структуры вновь вводимых технологий в зависимости от параметров их ценовой конкуренции: для электро- и теплоэнергетики – приведенные затраты на выработку энергии, для промышленности – приведенные затраты на производство основных видов промышленной продукции, для автомобильного транспорта – стоимость владения автомобилем, для зданий – затраты цикла жизни здания. Модель ENERGYBAL-GEM-2060 содержит блоки для оценки выбросов ПГ всеми секторами, отражаемыми в национальной инвентаризации ПГ.

<sup>27</sup> Bashmakov I., V. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichuk, A. Lunin, I. Govor. 2022. Russia's carbon neutrality: pathways to 2060. CENЕf-XXI. <https://cenef-xxi.ru/articles/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060>.

<sup>28</sup> Башмаков И.А. Низкоуглеродная Россия: 2050 год. ЦЭНЭФ. М. 2009.

Рисунок 2.1 «Облако» моделей ЦЭНЭФ-XXI



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

Для оценки распределительных эффектов эта система моделей была дополнена специально разработанной моделью – DEFEND (*distributional effect of national decarbonization*).<sup>29</sup> Она включает блок жилых зданий и блок автомобильного транспорта. Для анализа равномерности распределения нагрузки от мер по декарбонизации использовались данные Росстата по распределению доходов, расходов, обеспеченности жилой площадью, автомобилями и энергоемким бытовым оборудованием по децильным группам. Во многих случаях для проведения качественного анализа такой информации недостаточно. Например, важно знать, как распределяется потребление топлива автомобилями, которое зависит не только от их наличия, но и от расхода топлива на единицу пробега и самого пробега. Эти параметры могут различаться по децильным группам. Для оценок таких параметров в ряде случаев использовались их зависимости от уровня доходов по субъектам РФ. В ряде случаев для оценки распределительных эффектов использовались данные для других стран.

В данной работе «облако» моделей было дополнено еще одной моделью – MP2ENEF-35-50 (рис. 2.2). Это имитационная модель, которая позволяет проводить расчеты для оценки эффектов от 95 мер политики по повышению энергоэффективности и снижению выбросов ПГ в различных секторах экономики. Она охватывает 7 секторов экономики: электроэнергетика, теплоэнергетика, промышленность, сельское хозяйство, транспорт, сфера услуг, жилые здания, а также межсекторные меры, такие как механизмы с ценой на углерод.

<sup>29</sup> Башмаков И.А. Распределительные эффекты от мер по декарбонизации экономики России. Октябрь 2023. [Distribution\\_effects\\_787b4369e3.pdf \(cenef-xxi.ru\)](https://cenef-xxi.ru/Distribution_effects_787b4369e3.pdf).

**Рисунок 2.2** Архитектура модели MP<sup>2</sup>ENEF-35-50



Источник: Авторы.

MP<sup>2</sup>ENEF-35-50 – это мета-модель, которая состоит из 95 мини-моделей для оценки эффектов от каждой из 95 мер политики. Она была разработана ЦЭНЭФ-XXI для Минэкономразвития России. Параметры многих мини-моделей являются обобщенными мета-зависимостями, оцененными по результатам многократных расчетов на системе моделей для отдельных секторов.<sup>30</sup> Сложные модельные зависимости сводятся к упрощенным зависимостям между переменными мини-моделей. Каждый алгоритм может работать автономно. Итоги всех расчетов интегрируются в сводных файлах. Для каждой меры в модели MP<sup>2</sup>ENEF-35-50 есть набор управляющих параметров, которые определяют масштаб и эффекты от ее применения. В ряде случаев размер эффекта от одной меры (например, от утепления зданий) зависит от реализации другой (например, от установки системы автоматического регулирования подачи тепла). В модели MP<sup>2</sup>ENEF-35-50 оцениваются приростные затраты на реализацию мер по всем мероприятиям. Из состава затрат выделяются те, которые финансируются за счет тарифов в электро- и теплоэнергетике, а также за счет бюджетов всех уровней. Кроме того, оцениваются налоговые поступления, которые формируются за счет НДС, налога на прибыль (при снижении энергетических издержек предприятий) и подоходного налога. Для каждой меры используется своя комбинация экономии энергоресурсов, которая определяет значения усредненных коэффициентов выбросов ПГ и объемы снижения выбросов парниковых газов. Расчетным шагом модели является один год. Временной горизонт для реализации мер: 2023-2035 годы. Временной горизонт для оценки эффектов от реализации мер – 2023-2050 годы.

**Рыночные механизмы** предполагают введение налогов или предоставление субсидий на покрытие части затрат на реализацию мероприятий. Активность участия в программах и выбор технологий, а значит, и объем снижения выбросов ПГ, зависят от цены на углерод или от доли софинансирования. Чем они выше, тем больше участников программ и объем получаемого эффекта (при прочих равных условиях), и наоборот.

Оценка влияния рыночных механизмов проводится на основе уравнения:

<sup>30</sup> Bashmakov I., A. Myshak, V.A. Bashmakov, V.I. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichuk, A. Lunin, O. Lebedev. 2024. Compact meta-models to estimate the effects of energy efficiency policies and measures. Energy efficiency. Forthcoming.

$$Share_i^t = \frac{a_i * LCOS_{it}^{-2}}{\sum_i a_i * LCOS_{it}^{-2}}, \quad (2.1)$$

где LCOS – приведенные затраты на экономию энергии, или стоимость жизненного цикла зданий, или стоимость владения автомобилем, включая капитальные затраты, эксплуатационные расходы, а также затраты на выбросы углерода или экологические налоги;

$a_i$  – параметры неценовой конкуренции и неэкономических предпочтений (стратегическая энергетическая безопасность, экология или климат).

Параметры  $a_i$  также отражают эффекты вспомогательных мер политики (информационных, административных и других) по продвижению энергоэффективной технологии. Эти меры дают наиболее значимый эффект при доле субсидий, покрывающих 40-70% затрат. Проведенный некоторое время назад анализ показал важную роль бюджетного софинансирования мер по повышению энергоэффективности.<sup>31</sup> Эмпирических исследований по теме влияния доли субсидий на долю приобретаемого энергоэффективного оборудования мало. На их основе и на базе уравнения (2.1) для разных мер политики были оценены зависимости активности участия в программах и выбора технологий.

**Административные меры**, такие как стандарты, запреты на продукцию или целевые соглашения по декарбонизации, отражаются в модели типа 2.1 через задание очень высоких значений LCOS для видов оборудования или зданий с параметрами энергоэффективности ниже нормативно требуемых. Эти значения могут соответствовать штрафам за невыполнение требований или за нарушение условий соглашений. Если эти штрафы велики, то конкуренция за доли на рынке сохраняется в основном только между технологиями, которые проходят по регуляторным требованиям. В модели MP2ENEF-35-50 нормативные требования отражаются за счет изменения коэффициентов в функциях, отражающих динамику удельных расходов энергии.

## 2.3 Логика картирования

**Логика формирования дорожной карты** – это получение ясных ответов на следующие семь вопросов: **что мы знаем о проблеме? каких изменений мы хотим добиться? что нам мешает? что будем и чего не будем делать? кто и за что будет отвечать? правильно ли мы это делаем? как мы узнаем, что добились нужных изменений?**<sup>32</sup> На первый вопрос – что мы знаем о проблеме? – даны четкие ответы: климат не ждет и меняется очень опасно,<sup>33</sup> в т.ч. и в России.<sup>34</sup> На второй вопрос – каких изменений мы хотим добиться? – ответила Климатическая доктрина Российской Федерации: «ключевой долгосрочной целью климатической политики является достижение с учетом национальных интересов и приоритетов социально-экономического развития не позднее 2060 года баланса между

<sup>31</sup> Башмаков И.А. Зарубежный опыт энергоэффективности и рекомендации для России // Академия энергетики. – 2014. – № 1 (57).

<sup>32</sup> [How Do We Create Our Roadmap? \(Logic Model\) \(promoteprevent.org\)](https://www.promoteprevent.org/).

<sup>33</sup> IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

<sup>34</sup> Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / Росгидромет. – Санкт-Петербург: Научное издание технологий, 2022. – 124 с. [od3or.pdf \(voeikovmgo.ru\)](https://voeikovmgo.ru/).

антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением».<sup>35</sup> Это означает, что поставлена даже более амбициозная цель, чем достижение углеродной нейтральности (баланса выбросов и поглощений только по CO<sub>2</sub>). На третий вопрос – что нам мешает? – ответ такой: вялая политика по контролю за выбросами ПГ. Россия, одурманенная мифами прошлого,<sup>36</sup> долго старалась смотреть в будущее, повернувшись к нему спиной, с иронической усмешкой и пренебрежением комментируя действия других стран в надежде, что эпоха обожаемого ею органического топлива никогда не кончится, что на острие нефтяной и газовой иглы удастся еще долго и виртуозно балансировать и, более того, орудовать этим острием для достижения своих политических амбиций.<sup>37</sup>

Задача дорожной карты – ответить на четыре последних вопроса: что будем и чего не будем делать? кто и за что будет отвечать? правильно ли мы это делаем? как мы узнаем, что добились нужных изменений? Дорожная карта должна обеспечить: правильную расстановку приоритетов; ясность основных и промежуточных стратегических целей; согласованность как целей, так и мер по их достижению; разделение труда и координацию действий всех сторон по достижению целей; а также заложить базу для переговоров с ключевыми сторонами и обеспечить основу для принятия при необходимости компромиссных решений.

Логика картирования:

- сектор,
- технология,
- меры политики:
  - нормативная база, включая стратегические и программные документы;
  - финансы и экономические стимулы;
- институты;
- человеческий капитал.

Рассматриваются два временных интервала: краткосрочный – до 2030 года и долгосрочный – до 2060 года. Для всех секторов используются типовые шаблоны дорожных карт.

<sup>35</sup> Указ Президента РФ от 26.10.2023 № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации».

<sup>36</sup> Башмаков И.А. Энергетика мира: мифы прошлого и уроки будущего. *Вопросы экономики*. 2018;(4):49-75. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2018-4-49-75>.

<sup>37</sup> Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglерodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

3

## **Системный уровень**

### 3.1 Эволюция прогнозных оценок и обязательств России по контролю за выбросами парниковых газов

Российские эксперты имеют более чем тридцатилетний опыт прогнозирования выбросов парниковых газов. Первые прогнозы для Советского Союза, опубликованные еще в самом начале 1990-х годов, были нацелены на замораживание выбросов CO<sub>2</sub> к 2020-2030 годам на уровне 1990 года или на снижение на 20% от этого уровня.<sup>38</sup> Позже географический охват был сужен до России. Вплоть до 2009 года число исследований с горизонтом до 2050 года было весьма ограниченным: 2 сценария в работе А. Макарова<sup>39</sup> (2008 г.) и 21 сценарий в работах И. Башмакова<sup>40</sup> (2009 г.). Кроме того, долгосрочные прогнозные оценки давали МЭА и другие организации. Все эти сценарии были сгруппированы в четыре семейства: «Дорога Сизифа»; «Зона базовой линии»; «Углеродное плато»; «Низкоуглеродная Россия». На «Дороге Сизифа» уже в 2009 году был поставлен крест. Было показано, что Россия не может так значительно наращивать выбросы ПГ, но зато вплоть до 2050 года может удерживать их ниже уровня 1990 года без ущерба для экономического роста. Оценив риски, на встрече сторон РКИК в Копенгагене в 2009 году Россия приняла обязательство ограничить выбросы ПГ к 2020 году 75% от уровня 1990 года.

Перед встречей сторон РКИК в Париже в 2015 году популяция российских прогнозов заметно выросла. В работе Башмакова и Мышак<sup>41</sup> был дан анализ 71 сценария из 26 работ. Появилось еще одно семейство сценариев – «Низкоуглеродная Россия – агрессивная политика». По мере накопления знаний, совершенствования моделей и методов прогнозирования, а также на базе более адекватных оценок перспектив экономического роста в России и учета прогресса в области низкоуглеродных технологий, семейства сценарных прогнозов с высокими оценками выбросов ПГ к 2050 году («Дорога Сизифа»; «Зона фоновой линии» «Углеродное плато») полностью вымерли<sup>42</sup> (рис. 3.1). Отдельные прогнозные группы пришли к выводу о наличии абсолютного предела выбросов ПГ (ниже уровня выбросов 1990 года), который никогда и ни при каких условиях не будет превышен.

В 2014 году ЦЭНЭФ реализовал проект *Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России*.<sup>43</sup> Его главной целью стало определение затрат и выгод, связанных со стратегиями низкоуглеродного развития России до середины XXI века и далее, а также изучение вопроса о том, является ли низкоуглеродное развитие экономики тормозом или источником экономического роста в России. К его реализации были привлечены нескольких российских и зарубежных исследовательских групп, что позволило получить взвешенные и сбалансированные ответы на эти вопросы. Одной из задач этой работы было обоснование позиции российской делегации по обязательствам в рамках Парижского соглашения. Ни в одном из 30 сценариев, которые базировались на

<sup>38</sup> Bashmakov I., A. Makarov. The Soviet Union. Chapter in carbon emissions control strategies. W.U. Chandler Editor. WWF and The Conservation Foundation. Wash., USA. 1990. pp.35-54; Bashmakov I., Makarov A. 1991. An energy development strategy for the USSR: Minimizing greenhouse gas emissions. Energy Policy. Volume 19, Issue 10, December 1991, pp. 987-994.

<sup>39</sup> Макаров А.А. 2008. Возможности сдерживания эмиссии парниковых газов в энергетике России. Академия энергетики. № 5, 2008. С. 26-33.

<sup>40</sup> Башмаков И.А. Низкоуглеродная Россия: 2050 год. - М., Авис Оригинал. 2009; Башмаков И. Низкоуглеродная Россия: перспективы после кризиса. *Вопросы экономики*. 2009;(10):107-120. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-10-107-120>.

<sup>41</sup> Башмаков И.А. и А.Д. Мышак. 2014. Сравнение прогнозов выбросов парниковых газов в секторе «энергетика» России на 2010-2060 гг. Проблемы прогнозирования. Выпуск 1. 2014 г. С. 48-62.

<sup>42</sup> Bashmakov et al. 2021. Russia on the trajectory to carbon neutrality. Prepared for Skolkovo School of Management.

<sup>43</sup> Башмаков И.А. (ред.). Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России. ЦЭНЭФ. - М., 2014.

согласованном множестве допущений, потолок выбросов ПГ в 2050 году не превышал уровня 1990 года. Зона базовой линии выбросов ПГ существенно сдвинулась вниз.

**Пересмотр возможностей развития экономики привел к смещению уровня верхних оценок для 2050 года вниз на 1500-3200 млн тСО<sub>2</sub>экв.** Не амбиции по сокращению выбросов ПГ стали тормозом экономического роста, а наоборот, его замедление в результате консервации ресурсной модели экономики с последующим пересмотром будущих экономических перспектив в сторону понижения привело к существенной коррекции оценок выбросов ПГ (рис. 3.1). Сценарии, реализованные после 2015 года, в основном были посвящены анализу возможности достижения углеродной нейтральности к 2050-2060 гг.<sup>44</sup>

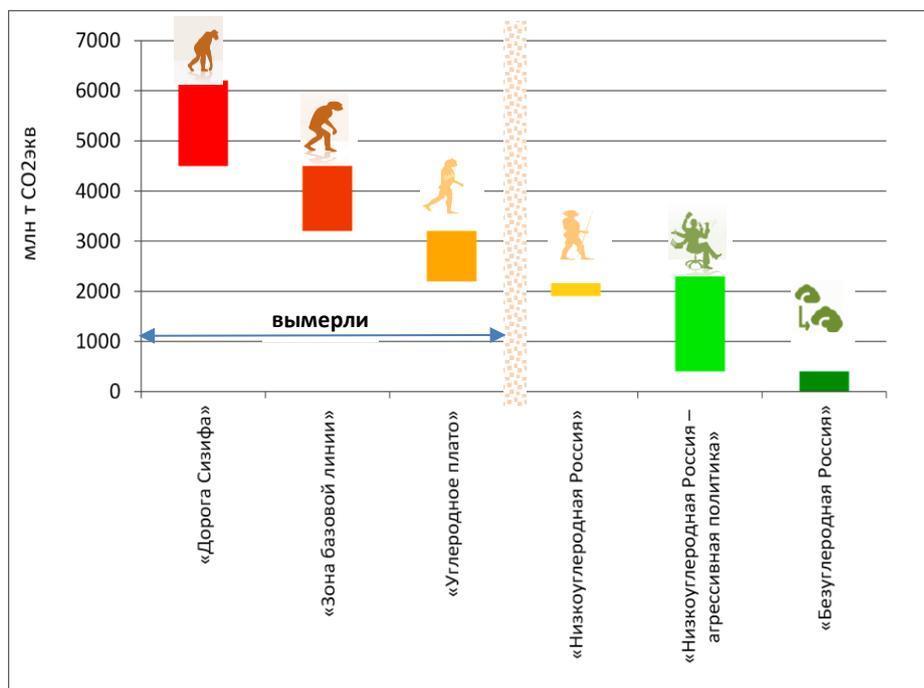
Эволюция взглядов на перспективную динамику выбросов отразилась в повышении амбиций России по контролю за выбросами ПГ (процентное снижение по сравнению с уровнем 1990 года):

- 0% в 2008-2012 гг. – Киото, 1997 г.: Россия обязалась не превышать уровень выбросов 1990 года в 2008-2012 гг. (достигнуто);
- -25% к 2020 г. – Копенгаген, 2009 г.: Россия обязалась удерживать выбросы до 2020 года ниже 75% от уровня 1990 г. (достигнуто);
- -20-25% к 2030 г. – Париж, 2015 г.: Россия обязалась ограничить выбросы парниковых газов к 2030 г. ниже 70-75% от значения 1990 г.;
- -30% к 2030 г. – Указ Президента РФ № 666 от 4 ноября 2020 г.: Россия обязалась удерживать уровень выбросов до 2030 г. ниже 70% от уровня 1990 г.;
- Россия-ЕС – 1:1. Весной 2021 г. была поставлена цель добиться, чтобы совокупные нетто-выбросы ПГ в России к 2050 г. не превысили объемов выбросов в ЕС;
- -80% к 2050 году – *Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низкими выбросами парниковых газов до 2050 года* требует снижения нетто-выбросов парниковых газов на 80% по сравнению с уровнем 1990 года и на 60% по сравнению с уровнем 2019 года;
- -100%. Углеродная (парниковая) нейтральность к 2060 году. В октябре 2021 года Россия объявила о цели достижения углеродной нейтральности к 2060 году. В октябре 2023 года это обязательство было зафиксировано документально в «Климатической доктрине Российской Федерации» в следующей формулировке: достижение баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением.
- *Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низкими выбросами парниковых газов до 2050 года* дает мало количественных характеристик и только до 2050 года. Это не позволяет сформировать дорожные карты ни для экономики в целом, ни для отдельных секторов. Кроме того, в целевом сценарии Стратегии углеродная нейтральность не достигается. Пути достижения Россией статуса углеродной нейтральности к 2060 году еще недостаточно изучены и не нанесены на дорожные карты. Отчасти это связано с нехваткой долгосрочных моделей с горизонтом до 2060 г. – как для всей экономики, так и для основных секторов выбросов. Более ранние прогнозы в основном ограничивались горизонтом до 2050 г. Однако после 2022 г. появились первые сценарные оценки

<sup>44</sup> Гайда И., Грушевенко И. Сценарии декарбонизации в России. Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО. Март 2020, <https://esg-library.mgimo.ru/publications/stsenarii-dekarbonizatsii-v-rossii/>.

до 2060 г., которые позволяют выявить развилки в стратегиях достижения углеродной нейтральности.

**Рисунок 3.1 Эволюция прогнозов динамики выбросов ПГ в секторе «энергетика» на 2050 г.**



Источники: Башмаков И.А. (ред.). Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России. ЦЭНЭФ. - М., 2014; Башмаков И.А. и А.Д. Мышак. 2014. Сравнение прогнозов выбросов парниковых газов в секторе «энергетика» России на 2010-2060 гг. Проблемы прогнозирования. Выпуск 1. 2014 г. С. 48-62; Башмаков И.А. Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики. Вопросы экономики. № 7, 2020; (7):51-74. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-74>; Башмаков И. Низкоуглеродное развитие и экономический рост. Нефтегазовая вертикаль. № 12. 2021; ВЭБ.РФ. Достижение Российской Федерацией «углеродной нейтральности» не позднее 2060 года. Январь 2023; ИНЭИ РАН и Центр энергетики Московской школы управления Сколково. 2019. Прогноз развития энергетики мира и России 2019/ под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН – Московская школа управления СКОЛКОВО – М., 2019. – 210; Порфирьев Б., А. Широ и А. Колпаков. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России. Мировая экономика и международные отношения. 2020. Т. 64, № 9, С. 15-25. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25>; Широ А.А., Колпаков А.Ю. Целевой сценарий социально-экономического развития России с низким уровнем нетто-выбросов парниковых газов до 2060 года. Проблемы прогнозирования, 2023, Выпуск 6; Bashmakov I., V. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichok, A. Lunin, I. Govor. 2022. Russia's carbon neutrality: pathways to 2060. CENef-XXI. <https://cenef-xxi.ru/articles/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060>; bp Energy Outlook 2050: January 2023; IEA. 2021. Net-Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector; IEA. 2015-2023. World Energy Outlook; IEA. 2017-2023. Energy Technology Perspectives; 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>; 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; Veselov F., T. Pankrushina, A. Khorshev. 2021. Comparative economic analysis of technological priorities for low-carbon transformation of electric power industry in Russia and the EU Energy Policy 156 (2021) 112409 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112409>.

## 3.2 Основная развилка на траекториях достижения углеродной нейтральности

Россия приняла амбициозное обязательство по достижению к 2060 году баланса между антропогенными выбросами и их поглощением не только по CO<sub>2</sub>, что означало бы углеродную нейтральность, но и по всем ПГ:

Ключевой долгосрочной целью климатической политики является достижение с учетом национальных интересов и приоритетов социально-экономического развития не позднее 2060 года баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением.

Статья 21. Климатическая доктрина Российской Федерации

Возможно, это произошло потому, что в России невнимательно читают доклады МГЭИК. В Шестом оценочном докладе Третьей рабочей группы МГЭИК показано, что для ограничения потепления уровнями 1,5-2°C снижение выбросов всех ПГ к 2060 году до нуля не требуется. Снижение до нуля касается только CO<sub>2</sub>, а по метану, закиси азота и другим ПГ требуется кратное снижение выбросов, но не до нуля (рис. 3.2).

Согласно ориентирам *Климатической доктрины РФ*, за счет дополнительных мер по декарбонизации отраслей экономики и увеличению поглощающей способности управляемых экосистем нетто-выбросы (в тексте *Доктрины* в ряде случаев пропущено слово «нетто») могут ... вырасти с 1672 млн тCO<sub>2</sub>экв в 2021 г. (по данным инвентаризации) до 1673 млн тCO<sub>2</sub>экв. в 2030 г. То есть фактически они должны сохраняться до 2030 г. на уровне 2021 г. В Указе Президента РФ от 04.11.2020 и в качестве целевого показателя определенного на национальном уровне вклада Российской Федерации в реализацию Парижского соглашения для нетто-выбросов на 2030 г. указан уровень 2162,4 млн тCO<sub>2</sub>экв.

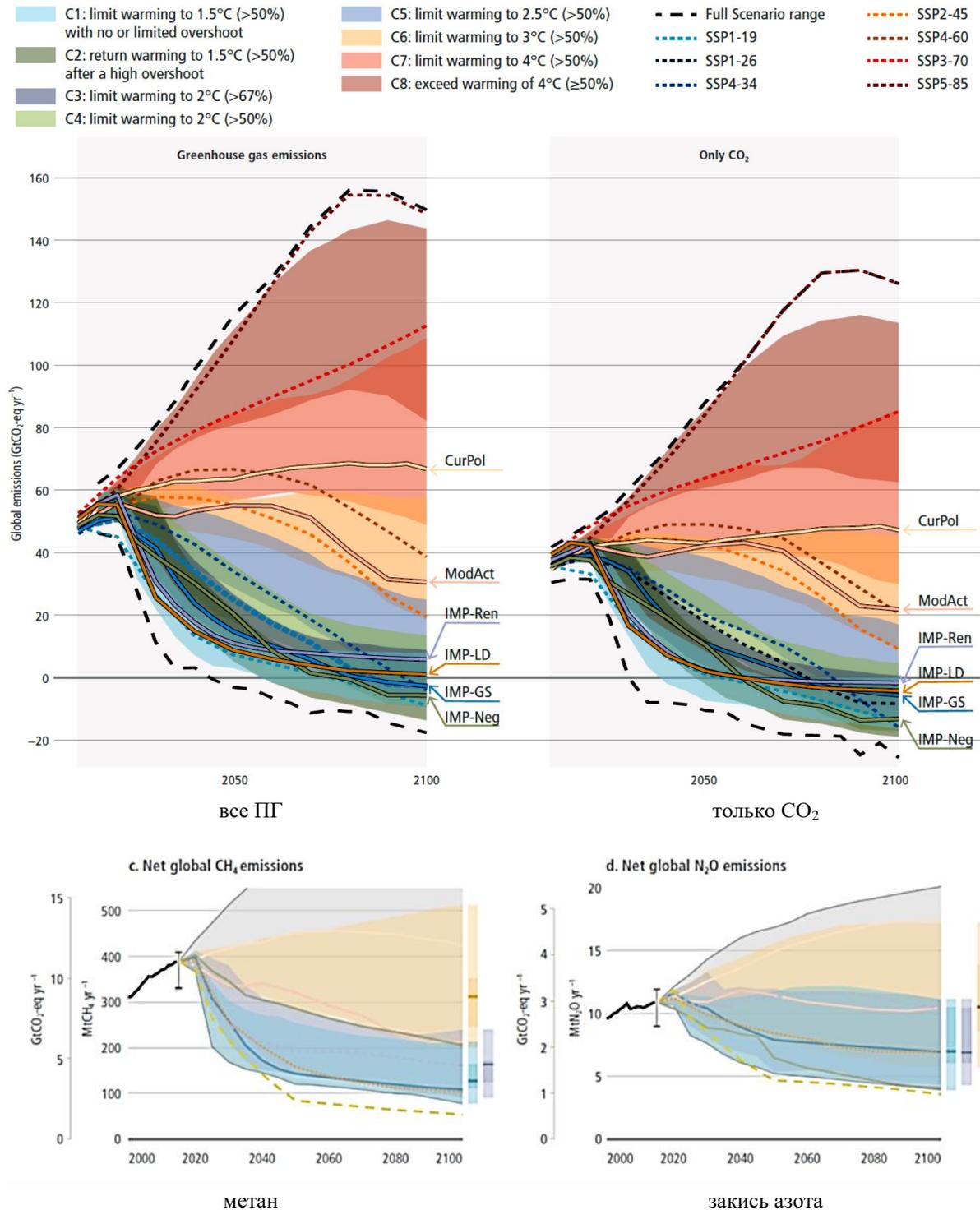
**Семейство сценариев перехода к углеродной (парниковой) нейтральности, сформированных после объявления Россией обязательства по углеродной нейтральности в октябре 2021 г. и после начала специальной военной операции в феврале 2022 г. еще крайне ограничено.** По сути, на конец 2023 г. существовали три сценария ЦЭНЭФ-XXI<sup>45</sup> и появившиеся в самом конце 2023 г. сценарии ИМП РАН<sup>46</sup> с перспективой до 2060 г. В последней работе приводятся результаты до 2060 г. только для Целевого сценария. По двум другим результаты ограничиваются в основном 2050 г. Опубликованные в январе 2023 г. оценки ВТБ<sup>47</sup> также ограничены горизонтом 2050 г. с довольно пессимистическими оценками возможностей снижения выбросов ПГ во многих секторах (еще более осторожными, чем в прогнозе ИМП РАН) и неопределенным выводом по поводу возможности достижения углеродной нейтральности.

<sup>45</sup> Bashmakov I., V. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichuk, A. Lunin, I. Govor. 2022. Russia's carbon neutrality: pathways to 2060. CENEf-XXI. <https://cenef-xxi.ru/articles/low-carbon-technologies-in-russia:-current-status-and-perspectives>; Башмаков И. Россия на пути к углеродной нейтральности: три четверки и одна двойка. Нефтегазовая вертикаль. № 11, 2022; Башмаков И. Сценарии движения России к углеродной нейтральности. Энергосбережение. № 1, 2023.

<sup>46</sup> Широков А.А., Колпаков А.Ю. 2023. Целевой сценарий социально-экономического развития России с низким уровнем нетто-выбросов парниковых газов до 2060 года. Проблемы прогнозирования, 2023, Выпуск 6.

<sup>47</sup> Под ред. Клепача А.Н. Достижение Российской Федерацией «углеродной нейтральности» не позднее 2060 года. ВЭБ РФ. Январь 2023 года. В этой работе не описано, как получены оценки.

**Рисунок 3.2** Профили общих выбросов в сценариях основаны на климатических категориях для всех ПГ (AR6 GWP-100) и для CO<sub>2</sub>



Источник: Riahi, K., R. Schaeffer, J. Arango, K. Calvin, C. Guivarch, T. Hasegawa, K. Jiang, E. Kriegler, R. Matthews, G.P. Peters, A. Rao, S. Robertson, A.M. Sebbit, J. Steinberger, M. Tavoni, D.P. van Vuuren, 2022: Mitigation pathways compatible with long-term goals. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.005.

Еще при подготовке *Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низкими выбросами парниковых газов до 2050 года* сформировалась первая развилка и проявились два принципиально разных видения стратегии декарбонизации. Эта развилка сохранилась и в сценариях, появившихся после объявления цели по углеродной нейтральности в октябре 2021 года (рис. 3.3):

- **Forest First (2F).** *Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низкими выбросами парниковых газов до 2050 года* и поддерживающие эту траекторию расчеты ИНП РАН<sup>48</sup> и ВЭБ делают акцент на удвоении чистого стока CO<sub>2</sub> в ЗИЗЛХ к 2050 г. при скромных сокращениях или даже наращивании выбросов ПГ в других секторах, замыкающих баланс для достижения углеродной нейтральности к 2060 году. Цель по дополнительной секвестрации в секторе ЗИЗЛХ представляется не просто крайне амбициозной, но и нереализуемой (см ниже). Вся *Стратегия* практически опирается на одну «лесную» опору, что влечет значительные риски недостижения цели углеродной нейтральности к 2060 году.
- **Forest Last.** Такое видение отражено в работах ЦЭНЭФ-XXI (сценарии 4S, 4D и 4F), экспертов из ВШЭ и РАНХиГС.<sup>49</sup> В них делается акцент на заметное снижение выбросов ПГ во всех секторах, а снижение в секторе ЗИЗЛХ рассматривается как последняя надежда России на достижение углеродной нейтральности. Поэтому объемы нетто-стока в ЗИЗЛХ определяются как замыкающие баланс для достижения углеродной нейтральности к 2060 году.

**Налево пойдешь – ... Forest First найдешь.** Эта траектория дает замораживание выбросов ПГ до 2030 г. Затем происходит нереалистичное наращивание стоков в ЗИЗЛХ, наращивание выбросов в промышленности, умеренное снижение выбросов ПГ в зданиях, заметное снижение выбросов в электроэнергетике и других отраслях ТЭК и на транспорте и нереалистичное снижение выбросов до нуля в секторе отходов (рис. 3.3).

**Направо пойдешь – ... Forest Last найдешь.** Эта траектория обеспечивает достижение углеродной нейтральности, которое к 2060 году приводит к нулевым нетто-выбросам по CO<sub>2</sub> и к снижению нетто-выбросов всех ПГ на 75%. Это снижение происходит во всех секторах относительно плавно. Нетто-стоки в секторе ЗИЗЛХ не растут, а сокращаются (рис. 3.3).

<sup>48</sup> Порфирьев Б., А. Широков и А. Колпаков. 2020. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России. *Мировая экономика и международные отношения*. 2020. Т. 64, № 9. С. 15-25. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25>.

<sup>49</sup> Bashmakov I., V. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichok, A. Lunin, I. Govor. 2022. Russia's carbon neutrality: pathways to 2060. *CENEF-XXI*. <https://cenef-xxi.ru/articles/low-carbon-technologies-in-russia-current-status-and-perspectives>; bp Energy Outlook 2050: January 2023; IEA. 2021. Net-Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector; IEA. 2015-2023. World Energy Outlook; IEA. 2017-2023. Energy Technology Perspectives; Laitner J., Lugovoy O., Potashnikov V. 2020. 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>; Safonov G., V. Potashnikov, O. Lugovoy, M. Safonov, A. Dorina, A. Bolotov. The low carbon development options for Russia. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02780-9> Springer Nature B.V. 2020; Schaeffer R., A. Koberle, H. van Soest, C. Bertram, G. Luderer, K. Riahi, and V. Krey, D. P. van Vuuren, E. Kriegler, Fujimori, W. Chen, C. He, Z. Vrontisi, S. Vishwanathan, A. Garg, R. Mathur, S. Shekhar, K. Oshiro, F. Ueckerdt, G. Safonov, G. Iyer, K. Gi, V. Potashnikov. 2020. Comparing Transformation Pathways Across Major Economies. *Climatic Change* 162, no. 4:1787–1803.

**Рисунок 3.3 Основная развилка на траекториях достижения углеродной нейтральности**



добыча+ включает добычу, нефтепереработку и трубопроводы, транспорт (-) -без трубопроводов

Целевой сценарий ИНП РАН		4D – Development Driven by Decarbonization and Democratization – ЦЭНЭФ-XXI	
Нетто-выбросы из всех источников по всем ПГ			
<b>2030</b>	-0%. Нетто-выбросы ПГ остаются практически неизменными до 2030 г. Цели декарбонизации подчинены задачам демпфирования внешних рисков и ускорения социально-экономического развития	-18% от уровня 2021 г. по нетто-выбросам всех ПГ	
<b>2040</b>	- 21% от уровня 2021 г.	- 37% от уровня 2021 г.	
<b>2050</b>	- 62% от уровня 2021 г.	- 58% от уровня 2021 г.	
<b>2060</b>	-100% от уровня 2021 г.	-75% от уровня 2021 г. по всем ПГ и -100% по нетто-выбросам CO <sub>2</sub>	
	74% рост поглощения в лесном хозяйстве	-31% - снижение стока в секторе ЗИЗЛХ	
	+13% промышленность	-75% сектор «энергетика»	
	-10% сельское хозяйство*	-38% промышленные процессы	
	-19% строительство и жилищно-коммунальное хозяйство	-80% отходы	
	-39% - электростанции	-19% сельское хозяйство	
	-54% добыча, нефтепереработка, трубопроводы		
	-71% транспорт (кроме трубопроводов)		
	-100% отходы		
<b>Достигается нейтральность по всем ПГ</b>		<b>Достигается нейтральность только по CO<sub>2</sub></b>	

\* В сельском хозяйстве динамика неясна. В тексте статьи Широ́ва и Колпакова (2023) сказано, что выбросы снижаются, но рядом на графике показан их небольшой рост.

Источники: Bashmakov I., V. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichuk, A. Lunin, I. Govor. 2022. Russia’s carbon neutrality: pathways to 2060. CENEF-XXI. <https://cenef-xxi.ru/articles/low-carbon-technologies-in-russia-current-status-and-perspectives>; Башмаков И. Россия на пути к углеродной нейтральности: три четверки и одна двойка. Нефтегазовая вертикаль. № 11, 2022; Башмаков И. Сценарии движения России к углеродной нейтральности. Энергосбережение. № 1, 2023; Широ́в А.А., Колпаков А.Ю. Целевой сценарий социально-экономического развития России с низким уровнем нетто-выбросов парниковых газов до 2060 года. Проблемы прогнозирования, 2023, Выпуск 6.

**Низкоуглеродная стратегия не должна строиться на снижении выбросов или росте стоков ПГ только в одном секторе.** Более того, сектор, на который правительство возлагает большие надежды, может стать главным фактором роста нетто-выбросов ПГ. Нетто-сток в секторе ЗИЗЛХ снизился с пикового значения 698 млн тСО<sub>2</sub>экв в 2010 году до 485 млн тСО<sub>2</sub>экв в 2021 году. В 2021 году это снижение стало главным фактором роста нетто-выбросов ПГ в России. В среднем за 11 лет стоки снижались на 19,4 млн тСО<sub>2</sub>экв. в год. Сохранение такого тренда приведет к 2060 году к сокращению стоков на 756 млн тСО<sub>2</sub>экв, что превратит этот сектор в значимый источник выбросов – 271 млн тСО<sub>2</sub>экв. (756 млн тСО<sub>2</sub>экв – 485 млн тСО<sub>2</sub>экв). Ранее в качестве базовой линии<sup>50</sup> использовались оценки на модели РОБУЛ,<sup>51</sup> которые показывали, что к 2050 году ЗИЗЛХ может превратиться в источник выбросов ПГ на уровне 56 млн тСО<sub>2</sub>экв., или сток снизится до 277 млн тСО<sub>2</sub>экв. По расчетам В. Короткова на модели СВМ-CFS3, нетто-поглощение СО<sub>2</sub> к 2050 году не возрастет, а уменьшится до 367 млн тСО<sub>2</sub> в связи с увеличением среднего возраста лесных насаждений.<sup>52</sup> Однако *Стратегия* полагается на возможность прироста стоков в ЗИЗЛХ на 1200 млн тСО<sub>2</sub> к 2050 году, а в прогнозе ИНП РАН эта логика экстраполируется до 2060 года с выходом на 1626 млн тСО<sub>2</sub>экв. Это означает прирост стоков на 1022 млн тСО<sub>2</sub>экв., если использовать оценки ИНП РАН на 2021 г., и на 1141 млн тСО<sub>2</sub>экв., если использовать данные национальной инвентаризации за 2021 г. С учетом тренда к снижению нетто-стоков прирост стоков за счет проектов в ЗИЗЛХ должен составить 1260-1900 млн СО<sub>2</sub>экв. По оценке Центра ответственного природопользования Института географии РАН, за счет снижения пожарной эмиссии, реализации мер по адаптации ведения лесного хозяйства к изменениям климата и лесоклиматических проектов в российских лесах, а также за счет изменения методологии учета поглощения ими ПГ, можно увеличить стоки максимум на 380 млн тСО<sub>2</sub> в год.<sup>53</sup> В другой работе сотрудников этого же института указывается, что экономически доступный потенциал поглощения в рамках климатических проектов (с себестоимостью углеродных единиц до 30 долл.) ограничен 200 млн тСО<sub>2</sub>экв./год к 2050 г., а потенциал повышения поглощения ПГ за счёт изменения методик оценки – еще около 85 млн тСО<sub>2</sub>.<sup>54</sup> Сравнение данных лесных проектов с результатами, полученными на основе наблюдений, показало, что большая часть проектов либо не привела к сокращению обезлесения, либо результаты оказались заметно ниже заявленных.<sup>55</sup> А. Романовская (2023) считает, что в российских стратегических документах вызывает вопросы ставка на увеличение поглощения парниковых газов за счет лесных и иных экосистемных климатических проектов и что они являются высокорискованными по сравнению с проектами в индустриальных секторах экономики.<sup>56</sup>

<sup>50</sup> Башмаков И.А. Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики // Вопросы экономики. 2020. № 7. С. 51-74, <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-74>.

<sup>51</sup> Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Честных О. В. (2017). РОБУЛ-М: новое средство прогноза углеродного бюджета лесов // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы второй международной научно-технической конференции. Т. 2. СПб.: СПбГЛТУ. С. 125–128.

<sup>52</sup> [Сколько СО<sub>2</sub> поглощают российские леса и сколько они еще могут поглотить? \(climate-change.moscow\)](#).

<sup>53</sup> Шварц Е.А., Птичников А.В. Стратегия низкоуглеродного развития России и роль лесов в ее реализации // Научные труды ВЭО России. 2022. Т. 236. — С. 399-425. DOI: 10.38197/2072-2060-2022-236-4-399-426.

<sup>54</sup> Птичников А.В., Е.А. Шварц, Г.А. Попова, А. С. Байбар. Стратегия низкоуглеродного развития России и роль лесов в её реализации. Вестник Российской академии наук, 2023, том 93, № 1, с. 36–49. DOI: 10.31857/S0869587323010073, EDN: ENEIT1; Птичников А. В. и Е. А. Шварц. Декарбонизация с помощью природных решений: национальная политика и международная практика. Известия РАН. Серия географическая, 2023, том 87, № 4, с. 1–18. DOI: 10.31857/S2587556623040040, EDN: UJEAGE.

<sup>55</sup> West, T.A., Wunder P. S., Sills, E.O., Börner, J., Rifai, S.W., Neidermeier, A.N., Frey, G.P., Kontoleon, A. (2023) Action needed to make carbon offsets from forest conservation work for climate change mitigation, *Science*, vol. 381, 873-8 ([15](#)) (PDF) [Action needed to make carbon offsets from tropical forest conservation work for climate change mitigation \(researchgate.net\)](#).

<sup>56</sup> Романовская А.А. 2023. Подходы к реализации экосистемных климатических проектов в России. Известия РАН. Серия географическая, 2023, том 87, № 4, с. 463–478. DOI: 10.31857/S2587556623040118, EDN: BIJJQJ.

По сути, *2F* – это сценарий «заброшенной России», покинутой ее населением. По данным Рослесинфорга, чтобы поглотить 1 т углерода ( $3,7 \text{ тСО}_2$ ), нужно, чтобы посаженный на площади 2,5 га лес достиг возраста 10 лет. То есть отношение равно  $1 \text{ тСО}_2/0,68 \text{ га}$ . По другим данным, для зрелого леса при нынешней породно-возрастной структуре в России для поглощения 1 т углерода требуется  $0,56 \text{ га}$ ,<sup>57</sup> или  $1 \text{ тСО}_2/0,15 \text{ га}$ . Тогда для увеличения стоков на 1260–1900 млн  $\text{тСО}_2$  нужно засадить лесами 857–1292 млн га (по оценке Рослесинфорга) или 189–285 млн га (по альтернативной оценке). И это при условии, что не будет потерь от лесных пожаров и вредителей. По данным Росстата, площадь всех земель России составляет 1712 млн га, площадь сельхозугодий – 222 млн га, площадь лесных земель – 871 млн га, земель застройки и под дорогами – 14 млн га, земель под водой и болотами – 227 млн га, а других земель – 393 млн га, из которых на оленьи пастбища в тундре, где лес не растет, приходится 335 млн га, на пески – еще 4 млн га, а остальное – это полигоны отходов, свалки, овраги и голые скалы.<sup>58</sup> То есть для движения по траектории *2F* нужно засадить лесами значительную часть сельхозугодий (или все), а также часть других земель, где лес не может произрастать.

Прежде чем перейти к формированию дорожной карты по сценарию 4D, нужно сделать несколько замечаний по поводу сценарных траекторий движения к углеродной нейтральности, разработанных ИИП РАН.<sup>59</sup>

Первое. Рассмотренный ИИП РАН Агрессивно-целевой сценарий *позволяет России достичь углеродной нейтральности к 2050 г. при ускорении роста ВВП на 0,6% в год по сравнению с Инерционным сценарием*, в котором нетто-выбросы растут на 19% к 2050 году (данных до 2060 года для этого сценария в статье нет). Среднегодовые темпы роста потребления домашних хозяйств еще выше –  $0,8\%$  в год. Это важный результат: **по мнению ИИП РАН, достичь углеродной нейтральности можно даже к 2050 году при ускорении экономического роста**. Инвестиции в декарбонизацию достигают  $3,5\%$  от ВВП. Модельный аппарат, видимо, не учитывает кривые обучения, которые показывают снижение удельных затрат по мере роста масштабов использования технологий. Инвестиции в традиционные технологии должны снижаться, но это в прогнозе не отражено, поэтому невозможно оценить изменение общей инвестиционной нагрузки.<sup>60</sup> Реальная цена электроэнергии растет за 29 лет на  $61\%$ , или на  $1,7\%$  в год. Однако все это не мешает ускорению роста ВВП. Как падают затраты на ископаемое топливо – непонятно, но при сокращении его использования они также должны снижаться, а значит, доля расходов на энергию расти не должна.

Второе. *Целевой сценарий растягивает горизонт достижения углеродной нейтральности до 2060 года*, позволяя ускорить рост ВВП и потребления домашних хозяйств еще на  $0,5\%$  в год. Авторы приходят к выводу, что оптимум доли инвестиций в декарбонизацию в 2050 году равен  $1,7\%$  от ВВП. Как этот вывод получен – неясно. Оценка потенциального роста ВВП на уровне  $2,6\%$  в год в этом сценарии для России, которая сталкивается с острым дефицитом рабочей силы на всем горизонте до 2060 года и в последние 15 лет имеет

<sup>57</sup> Schepaschenko D., E. Moltchanova, S. Fedorov, V. Karminov, P. Ontikov, M. Santoro, L. See, V. Kositsyn, A. Shvidenko, A. Romanovskaya, V. Korotkov, M. Lesiv, S. Bartalev, S. Fritz, M. Shchepashchenko & F. Kraxne. Russian forest sequesters substantially more carbon than previously reported. Scientific Reports | (2021) 11:12825 | <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92152-9>.

<sup>58</sup> ГОСУДАРСТВЕННЫЙ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ) ДОКЛАД о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. Москва 2022.

<sup>59</sup> Широков А.А., Колпаков А.Ю. Целевой сценарий социально-экономического развития России с низким уровнем нетто-выбросов парниковых газов до 2060 года. Проблемы прогнозирования, 2023, Выпуск 6.

<sup>60</sup> В прогнозах МЭА доля инвестиций в энергоснабжение в ВВП в сценарии NZE к 2030 году повышается на  $1\%$ , а к 2050 году возвращается на уровень 2023 г. именно за счет снижения инвестиций в топливную энергетику. IEA. World Energy Outlook. 2023.

отрицательные значения многофакторной производительности, явно завышена.<sup>61</sup> Среднегодовые темпы роста ВВП в 2008-2022 гг. не превышали 1%, а ИНП РАН даже для Инерционного сценария закладывает 1,5%.

Третье. Авторы указывают, что при подготовке сценариев до 2060 года использовались средства важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ». Однако в описании методологической базы расчетов нет указаний на развитие модельного комплекса по сравнению с более ранними работами. Его ядром является «межотраслевая макроструктурная модель». Она полезна для оценки эффектов структурных сдвигов и отдельных краткосрочных мультипликаторов, но для решения долгосрочных задач декарбонизации непригодна, поскольку:

- оперирует только агрегированными стоимостными параметрами; не отражает эволюции технологий ни по секторам, ни по видам экономической деятельности, ни по видам углеродоемкой продукции, зданий и транспортных средств, в то время как именно эволюция технологической базы является ключом к декарбонизации;
- не отражает ни параметров ценовой эластичности, ни параметров ценовой конкуренции отдельных технологий, ни снижения удельных затрат по логике кривых обучения. Все дополнительные затраты полностью переносятся на издержки, не оставляя места ни реакциям потребителей в виде снижения спроса, ни реакциям производителей в виде изменения комбинаций используемых факторов производства и технологий. Поэтому получаемые на ее основе оценки затрат существенно завышены, а суждения относительно возможностей снижения выбросов ПГ в секторах помимо ЗИЗЛХ – заметно недооценены.<sup>62</sup>

Четвертое. При оценке затрат авторы используют странный показатель – удельные капитальные вложения на единицу снижения выбросов ПГ, которые определены делением общих инвестиций за весь прогнозный период к сопряженному с ними снижению нетто-выбросов ПГ в 2060 году. Но, во-первых, обычно оценивают приростные капитальные вложения,<sup>63</sup> поскольку инвестиции делаются не столько ради снижения выбросов ПГ, сколько ради получения доходов от выработки электроэнергии, производства продукции и транспортной работы, строительства жилья и пр. Доля приростных инвестиций, сопряженных именно со снижением выбросов ПГ, для отдельных технологий может варьировать от 0 до 100%. Таким образом, все инвестиции соотнесены только с одним эффектом, что некорректно. Во-вторых, при оценке затрат на снижение выбросов ПГ, как правило, оценивают приведенные затраты с учетом экономии расходов на энергию, на снижение вредных выбросов, на снижение простоев, на рост выхода продукции и т.п., а не

<sup>61</sup> Башмаков И. Распределительные эффекты от мер по декарбонизации экономики России. ЦЭНЭФ-XXI. Москва. Октябрь 2023 г. <https://cenef-xxi.ru/articles/raspredelitelnye-effekty-ot-mer-po-dekarbonizacii-ekonomiki-rossii>; Башмаков И.А. Внешняя торговля, экономический рост и декарбонизация в России. Долгосрочные перспективы. Москва, апрель 2023 г. [https://cenef-xxi.ru/uploads/RUS\\_Vneshnyaya\\_torgovlya\\_ekonomicheskij\\_rost\\_Perspektivy\\_463a2412c5.pdf](https://cenef-xxi.ru/uploads/RUS_Vneshnyaya_torgovlya_ekonomicheskij_rost_Perspektivy_463a2412c5.pdf).

<sup>62</sup> Для иллюстрации используем следующий пример. Для производства определенного вида оборудования нужен металл, например, 0,9 т стали и 0,1 т алюминия. Сталь стоит 70 тыс. руб./т, а алюминий – 250 тыс. руб./т. Технологически 0,1 т алюминия можно заменить на 0,4 т стали. Допустим, что цены на алюминий выросли в 3 раза. В модели ИНП РАН технологические коэффициенты не меняются, а значит, производство оборудования подорожает на 50 тыс. руб. ( $0,1 \cdot (750 - 250)$ ). Но в реальной жизни при жесткой конкуренции на рынке оборудования производитель поменяет технологию и откажется от использования алюминия, и повышение цены будет ограничено 3 тыс. руб. ( $0,4 \cdot 70000 - 0,1 \cdot 250000 = 3000$ ).

<sup>63</sup> IEA. 2022. Energy Efficiency 2022; IEA. 2023. World Energy Investment 2023; Bashmakov I., V. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichuk, A. Lunin, I. Govor. 2022. Russia's carbon neutrality: pathways to 2060. CENEf-XXI. <https://cenef-xxi.ru/articles/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060>; Safonov G., V. Potashnikov, O. Lugovoy, M. Safonov, A. Dorina, A. Bolotov. The low carbon development options for Russia. Climatic Change. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02780-9> Springer Nature B.V. 2020.

удельные капитальные вложения. В-третьих, даже при выбранном методе сравнения затрат авторы не учитывают того факта, что эффекты в виде снижения выбросов ПГ будут получаться и после 2060 года, по некоторым технологиям и зданиям – в течение десятков лет. Так что приведенные в работе ИНП РАН удельные капитальные вложения заметно завышены, а технологии должны сравниваться по другим метрикам – по приведенным затратам, затратам цикла жизни здания, стоимости владения автомобилем и т.п. Если метрики для оценки затрат выбраны неверно, то результаты их оптимизации малозначимы.

### 3.3 4D: дорожная карта на агрегированном уровне

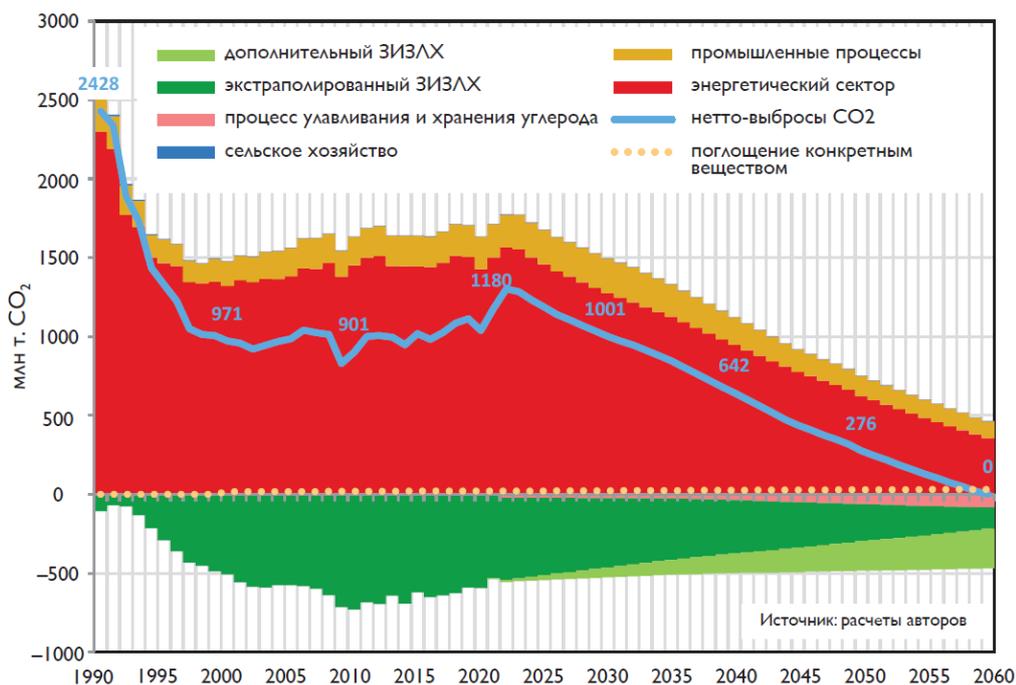
#### 3.3.1 Целевые индикаторы

Дорожная карта (*roadmap*) – это план по достижению цели или заданного видения будущего.<sup>64</sup> В данной работе видение будущего – это сценарий 4D из группы сценариев *Forest Last* (рис. 3.3). Его параметры в плане роста экономики, изменения структуры используемых технологий, динамики и структуры выбросов ПГ, оценки распределительных эффектов от мер политики декарбонизации подробно описаны в серии работ ЦЭНЭФ-XXI.<sup>65</sup> Итоговые траектории динамики выбросов всех ПГ и только CO<sub>2</sub> по основным секторам выбросов, отражаемых в национальной инвентаризации ПГ, показана на рис. 3.4 и 3.5 с определением вех по десятилетиям. Нетто баланс выбросов и стоков к 2060 г. достигается только по CO<sub>2</sub>. По всем ПГ нетто-выбросы сокращаются на 91% от уровня 1990 г. и остаются положительными.

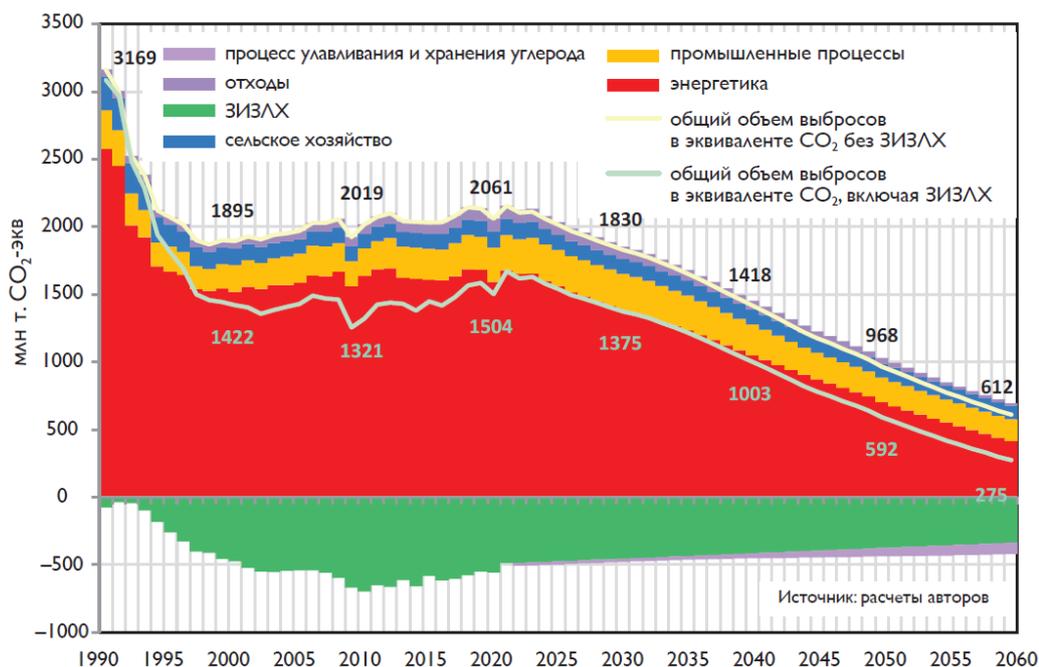
<sup>64</sup> [ROADMAP | English meaning - Cambridge Dictionary.](#)

<sup>65</sup> Bashmakov I., V. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichok, A. Lunin, I. Govor. 2022. Russia's carbon neutrality: pathways to 2060. CENEf-XXI. <https://cenef-xxi.ru/articles/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060>; Башмаков И.А. Внешняя торговля, экономический рост и декарбонизация в России. Долгосрочные перспективы. Москва, апрель 2023 г. [https://cenef-xxi.ru/uploads/RUS\\_Vneshnyaya\\_torgovlya\\_ekonomicheskij\\_rost\\_Perspektivy\\_463a2412c5.pdf](https://cenef-xxi.ru/uploads/RUS_Vneshnyaya_torgovlya_ekonomicheskij_rost_Perspektivy_463a2412c5.pdf); Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglerodnye-tehnologii-v-rossii-nyneshnij-status-i-perspektivy>; Башмаков И.А. Распределительные эффекты от мер по декарбонизации экономики России. Октябрь 2023. [Distribution effects\\_787b4369e3.pdf \(cenef-xxi.ru\)](https://cenef-xxi.ru/articles/distribution-effects-787b4369e3.pdf).

**Рисунок 3.4** **Динамика выбросов CO<sub>2</sub> по секторам при достижении углеродной нейтральности**



**Рисунок 3.5** **Динамика выбросов ПГ по секторам**



Снижение нетто-выбросов предполагается уже к 2030 году и затем происходит постепенно по почти линейной траектории. При этом стоки в секторе ЗИЗЛХ постепенно сокращаются, а усилия в этом секторе позволяют частично (на 248 млн тCO<sub>2</sub>) компенсировать потери стоков (на 396 млн тCO<sub>2</sub>). Снижение выбросов происходит во всех секторах. В секторе «отходы» выбросов CO<sub>2</sub> нет.

**Таблица 3.1 Целевые показатели снижения выбросов ПГ и CO<sub>2</sub> для сценария 4D**

	2021	2030		2040	2050	2060	
Чистые выбросы всех ПГ, млн тСО <sub>2</sub> экв	1504	1375	-9%	1003	592	275	-72%
Чистые выбросы CO <sub>2</sub> , млн тСО <sub>2</sub>	1180	1001	-15%	642	276	0	-100%
Выбросы в секторе «энергетика», млн тСО <sub>2</sub>	1501	1275	-15%	932	618	353	-76%
Производство электроэнергии, млн тСО <sub>2</sub>	557	482	-13%	371	243	117	-79%
Производство тепловой энергии, млн тСО <sub>2</sub>	355	315	-11%	280	228	174	-51%
Промышленность и строительство*, млн тСО <sub>2</sub>	344	243	-29%	141	74	49	-86%
Транспорт*, млн тСО <sub>2</sub>	264	207	-22%	149	96	60	-77%
Здания*, млн тСО <sub>2</sub>	516	491	-5%	432	342	245	-53%
Сельское хозяйство*, млн тСО <sub>2</sub>	27	26	-4%	21	20	15	-44%
Коммунальный сектор*, млн тСО <sub>2</sub>	9	6	-33%	3	1,4	0,3	-97%
Промышленные процессы, млн тСО <sub>2</sub>	210	220	+5%	176	126	107	-49%
ЗИЗЛХ, млн тСО <sub>2</sub>	-532	-510	-4%	-479	-447	-415	-22%
CCUS, млн тСО <sub>2</sub>				8	31	52	∞

\*Включая косвенные выбросы. Поэтому суммы по секторам превышают показатель выбросы в секторе энергетика

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

### 3.3.2 Три области (домена) мер политики декарбонизации и пять ее опор

При движении по инерционной траектории ни одна из сформулированных выше целей по декарбонизации не может быть достигнута. Нужны решения, позволяющие изменить инерционную траекторию. Существуют три основных модели принятия инвестиционных и управленческих решений.<sup>66</sup>

- **Удовлетворенность** – это модель «неоптимального» поведения, или «ограниченной рациональности»; в этой модели люди следуют сформированным стереотипам и не являются экономическими локаторами, ищущими и использующими каждую возможность снижения издержек или максимизации благосостояния. Роль ценовых факторов в принятии решений ограничена при умеренной доле расходов на энергию. В итоге используются избыточные объемы энергии и других ресурсов по причине недостатка информации, мотивации, доступа к финансовым ресурсам или центрам принятия решений.
- **Оптимизация** – это зона действия неоклассических теорий и теории максимизации благосостояния, согласно которым экономический человек, или типовой рыночный агент (*homo economicus*), оптимизирует затраты и выгоды. Она широко используется компаниями со сравнительно высокой долей расходов на энергию, которые при совершенном рынке выбирают наиболее экономически эффективную технологию. Для этой модели принятия решений ценовые и рыночные стимулы являются ключевыми. Это зона господства моделей общего равновесия, для которых ключевым инструментом контроля над выбросами ПГ является цена на углерод. Поведение по модели *удовлетворенность* в них, как правило, отражается через низкие коэффициенты ценовой эластичности. Сами же значения этих коэффициентов в основном оцениваются на базе ограниченных (*marginal*) изменений ценовых параметров, но затем применяются и к очень высоким ценам на углерод. Тем самым игнорируется тот факт, что ценовые эластичности асимметричны и зависят от доли расходов на энергию.<sup>67</sup> Поэтому модели общего равновесия завышают уровни цен на углерод, необходимые для достижения заданного сокращения выбросов ПГ. Кроме того, часть возникающих дополнительных расходов переносится на потребителей, снижая стимулы к декарбонизации. Не случайно после трех десятилетий экономической пропаганды лица, принимающие решения во многих странах, настороженно относятся к использованию механизмов с ценой на углерод. Другой проблемой моделей общего равновесия является трактовка технологического прогресса как экзогенной «манны небесной».
- **Трансформация системы** – перестройка технологической базы и структуры экономики, позволяющая выйти за «пределы роста» или за сложившиеся «пределы изменений», позволяющая решать стратегические задачи в ответ на такие масштабные вызовы, как изменение климата. Решение таких стратегических задач находится в зоне ответственности правительств и межправительственных организаций. Это не задача оптимизации, поскольку и набор будущих ключевых технологий, и многие их стоимостные параметры могут быть заранее неизвестны.<sup>68</sup>

<sup>66</sup> Grubb, M., Poncia, A., Drummond, P., Hourcade, J.C., Neuhoff, K., 2023. Policy complementarity and the paradox of carbon pricing. *Oxford Review of Economic Policy*, Vol.39:4.

<sup>67</sup> Bashmakov, Igor, Grubb, Michael, Drummond, Paul, Lowe, Robert, Myshak, Anna, and Hinder, Ben. 'Minus 1' and Energy Costs Constants: Empirical Evidence, Theory and Policy Implications. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4401851> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4401851>.

<sup>68</sup> «Вопреки общепринятому рецепту начинать с недорогих вариантов снижения выбросов и постепенно увеличивать усилия и затраты с течением времени, рассмотрение динамики перехода предполагает, что наиболее экономически эффективной стратегией вместо этого может быть целевое финансирование

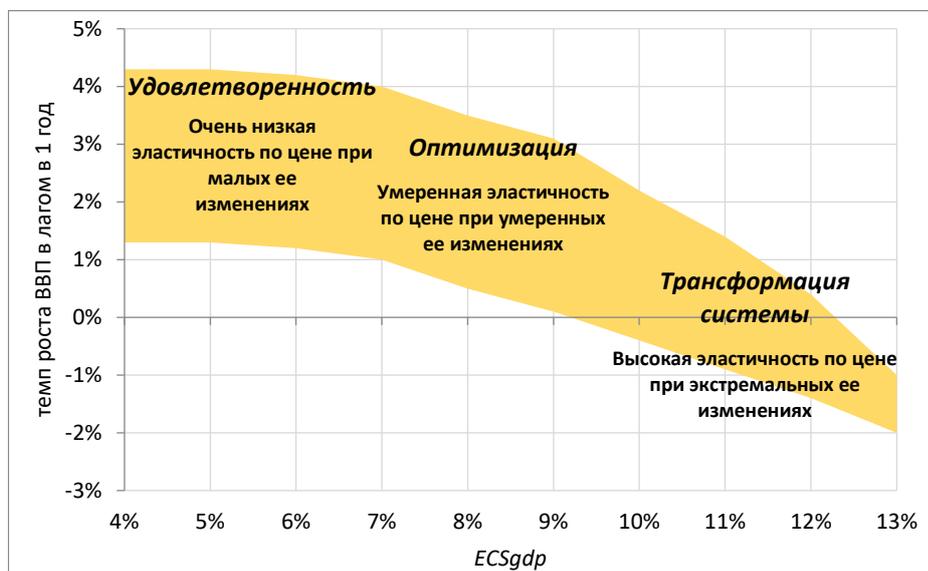
Эта модель принятия решений опирается на роль инноваций и структурных изменений, формирования масштабных рынков для новых продуктов и выстраивания технологических цепочек их производства на основе видений будущего и стратегических инвестиций.

**Потребность в стратегических решениях возникает тогда, когда существующая технологическая система и система управления упираются в «пределы роста».** Дефицитные ресурсы или ресурсы, использование которых наносит значительный экологический или климатический ущерб, дорожают (прямо – за счет отражения социальной стоимости в цене или косвенно – за счет расходов на компенсацию потерь и ущербов) настолько, что экономический рост останавливается или резко замедляется. При низкой доле расходов на энергию и углерод другие факторы определяют темпы экономического роста, а роль и эффективность ценовых инструментов крайне ограничена (рис. 3.6). При доле расходов на энергию, включая цену на углерод, в ВВП в диапазоне 6-9% экономические агенты оптимизируют свои затраты, стараясь не допустить заступа за пороговые значения доли расходов на энергию. Если эта доля превысила пороговые значения, то темпы экономического роста сокращаются, и без принятия стратегических решений вернуть позитивную экономическую динамику невозможно. Таким образом, комбинация моделей поведения меняется вслед за изменением *ECS*. Введение механизмов с ценой на углерод позволяет повысить *ECS* и вывести лиц, принимающих решения, из зоны спячки (удовлетворенность) в зону активизации. Внешние ценовые шоки (рост цен на энергию, введение *СВАМ* и др.) могут приводить к заступам за пороговые значения. Поэтому политика введения механизмов с ценой на углерод должна удерживать *ECS* в допороговой зоне, в т.ч. за счет упреждающей и эффективной трансформации системы.

---

определенных ключевых технологий с большим потенциалом и перспективами снижения затрат». Grubb, M., Poncia, A., Drummond, P., Hourcade, J.C., Neuhoff, K., 2023. Policy complementarity and the paradox of carbon pricing. Oxford Review of Economic Policy, Vol.39:4.

**Рисунок 3.6** Стилизованная функция «крыла» (зависимость между **ECSgdp** и темпами роста ВВП с лагом в один год) и три модели принятия инвестиционных и управленческих решений

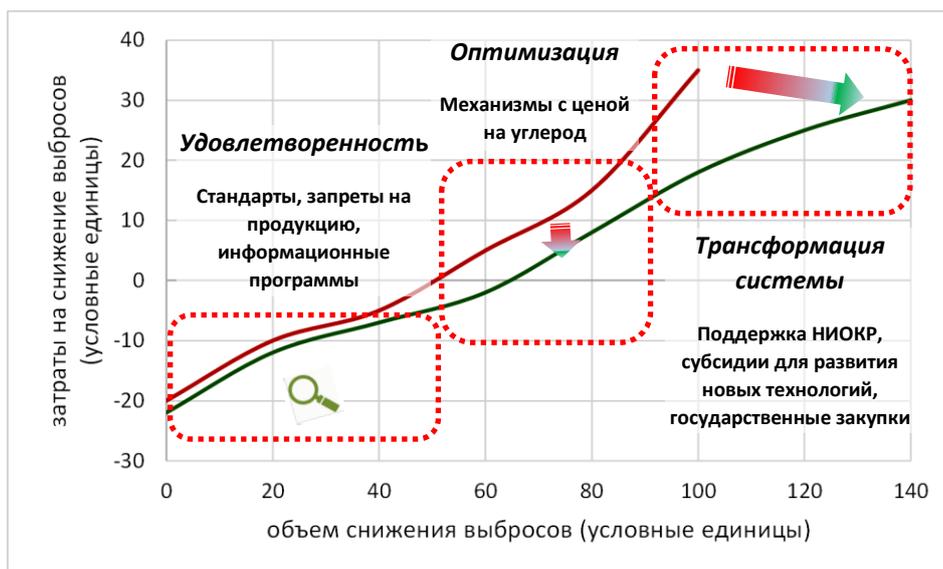


Источники: Bashmakov, I. (2017). 'The First Law of Energy Transitions and Carbon Pricing', *International Journal of Energy, Environment and Economics*, 25(1), 1–38; Bashmakov, Igor, Grubb, Michael, Drummond, Paul, Lowe, Robert, Myshak, Anna, and Hinder, Ben. 'Minus 1' and Energy Costs Constants: Empirical Evidence, Theory and Policy Implications. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4401851> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4401851>.

**Набор мер политики по декарбонизации должен сформировать необходимые изменения в первых двух моделях принятия решений и базу для запуска третьей.** Такие меры, как стандарты, запреты на продукцию, маркировка и другие информационные инструменты нацелены в основном на реализацию мер, которые экономически привлекательны, но по разным причинам из-за реализации модели принятия решений «удовлетворенность» не реализуются (рис. 3.7). Механизмы с ценой на углерод позволяют повысить экономическую привлекательность низкоуглеродных решений, а стратегические меры нацелены на расширение потенциала по снижению выбросов, а также на сокращение стоимости новых технологий.

**Прогресс в любом направлении позволяет обеспечить прогресс и в других.** Механизмы с ценами на углерод дают существенно большую отдачу, если за счет стандартов и запретов с рынка удаляется углеродоемкая продукция, налажен учет потребления энергии, создана возможность его регулирования, есть калькуляторы для оперативной и качественной оценки вариантов решений. Это позволяет существенно снизить долю экономических агентов, которые опираются на модель удовлетворенности. Установление цены на углерод на уровне, позволяющем удерживать долю расходов на энергию (ДРЭ) на близком к верхнему порогу уровне, позволяет избежать эффекта «отдачи», стимулирует НИОКР в сфере низкоуглеродных технологий и позволяет быстрее достичь точки ценового паритета.

**Рисунок 3.7** Зависимость наборов мер «низкоуглеродной» политики от положения на кривой затрат на снижение выбросов ПГ



Источник: адаптировано ЦЭНЭФ-XXI из The World Bank. State and Trends of Carbon Pricing Washington DC. October 2016.

Для достижения приведенных выше целевых показателей необходимо реализовать широкий набор мер политики, позволяющий внедрить компоненту декарбонизации в три описанные выше модели принятия решений и сформировать пять опор для обеспечения устойчивого и эффективного процесса снижения выбросов ПГ (табл. 3.2).

- **Технологии** – наличие на рынке широкого набора технических средств и технологий для снижения выбросов ПГ во всех секторах;
- **Нормативная база и программы** – нормативные требования, позволяющие запускать меры политики и программы скоординированных действий для достижения, сформулированных в стратегических документах и программах целей;
- **Стимулирование и финансирование** – меры по повышению экономической привлекательности низкоуглеродных технологий и обеспечению доступа к финансовым ресурсам, необходимым для выполнения нормативных требований и достижения целевых установок;
- **Институты** – организации, уполномоченные заниматься запуском и координацией процессов декарбонизации и отвечающие за их результативность, а также организации, представляющие заинтересованные стороны, вовлеченные в процессы низкоуглеродной трансформации;
- **Человеческий капитал** – необходимое число специалистов с адекватным уровнем подготовки, которые занимаются разработкой мер политики, организацией и реализацией процесса декарбонизации; обеспечение этих специалистов знаниями, информацией и инструментами для принятия необходимых решений.

**Таблица 3.2 Пять опор и три области (домена) мер политики декарбонизации**

Пять опор	Модели принятия инвестиционных решений		
	Удовлетворенность	Оптимизация	Трансформация
<b>Технологии</b>	Имеющиеся технологии. Они экономически привлекательны, но по разным причинам, в т.ч. из-за низкой ДРЭ* или высоких уровней монополизации, их потенциал полностью не используется.	Имеющиеся технологии. Применение НДТ с приемлемыми параметрами окупаемости. Они применяются в основном рыночными агентами с высокой ДРЭ, оптимизирующими затраты в секторах с высокими уровнями конкуренции.	Новые технологии, сдвигающие технологическую границу с высокими первоначальными затратами, но с перспективами их заметного снижения за счет обучения по мере наращивания масштабов использования и дополнительных НИОКР.
<b>Нормативная база и программы</b>	Стандарты, запреты на продукцию, лицензирование и сертификация, маркировка и другие информационные инструменты для расширения ниш применения имеющихся технологий.	Нормативные акты, запускающие механизмы стимулирования и финансирования, а также определяющие критерии принятия инвестиционных решений для повышения экономической привлекательности имеющихся технологий.	Нормативные акты и программы по развитию инновационных технологий, повышению уровней локализации их производства и расширению сфер их применения. Таксономии.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Схемы «белых» и «зеленых» сертификатов, программное финансирование	Тарифные механизмы, ликвидация субсидий на энергию, механизмы с ценой на углерод (торговля квотами, налог на углерод), налоговые льготы, льготное кредитование, программное финансирование.	Финансирование НИОКР, приоритетный доступ на рынок, государственные закупки, программное финансирование, льготы и субсидии, механизмы с ценой на углерод.
<b>Институты</b>	Подготовка и принятие нормативных актов и программ: АП, Правительство, Законодательное собрание, органы власти субъектов РФ и органы местного самоуправления. Организация выполнения требований нормативных актов и программ – ФОИВы и их подведомственные организации. Мобилизация средств господдержки – институты развития и другие финансовые институты. Мониторинг – Росстат, ФОИВы и их подведомственные организации. Заинтересованные стороны: промышленные и профессиональные ассоциации, институты гражданского общества. Подготовка человеческого капитала – институты системы образования и повышения квалификации.		Разработчики новых технологий и стратегических технологических приоритетов: РАН, университеты, отраслевые научные центры, инновационные научно-технологические центры, государственные научные центры, мозговые центры и др., институты развития, корпоративный сектор, промышленные и профессиональные ассоциации, институты гражданского общества.
<b>Человеческий капитал</b>	Повышение уровня знаний в отношении преимуществ использования имеющихся технологий, подготовка кадров для повышения объемов их применения и производства. Формирование новых «зеленых» стереотипов поведения.		Обеспечение высококвалифицированными кадрами в сфере стратегического планирования и разработки новых технологий.

\*ДРЭ – доля расходов на энергию.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Пять опор для реализации политики декарбонизации для экономики в целом показаны на табл. 3.3. Они сформированы в довольно общем виде. Детализация по основным секторам и технологиям дана в последующих главах.

**Таблица 3.3** Пять опор процесса декарбонизации для экономики в целом



Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

# 4

## Электроэнергетика

## 4.1 Целевые индикаторы

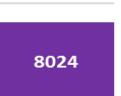
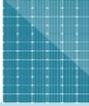
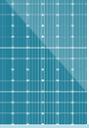
Целевые индикаторы (KPI) для сектора «Энергетические системы» ограничены 14 показателями: потребление первичной энергии при генерации электроэнергии, выработка электроэнергии, доля электроэнергии в конечном потреблении энергии, доля нетопливных источников электроэнергии, доля ВИЭ, доля переменных ВИЭ, доля ВЭС, доля СЭС, доля ГеоТЭС, доля ГЭС, доля АЭС, доля БиоТЭС, мощность систем хранения энергии и удельные выбросы CO<sub>2</sub>/кВт-ч. Оценки значений целевых индикаторов сведены в табл. 4.1-4.2.

**Таблица 4.1 Целевые объемы выработки электроэнергии и вклад отдельных источников генерации**

	2021	2030	2040	2050	2060		
Потребление первичной энергии на нужды генерации электроэнергии, млн тунт	301	286	x0,95	323	372	401	x1,3
Выработка электроэнергии, млрд кВт-ч	1159	1130	x0,97	1296	1540	1723	x1,5
Доля электроэнергии в конечном потреблении энергии			x1,1				x2
Доля нетопливных источников			x1,1				x2
Доля ВИЭ			x1				2x
Доля переменных ВИЭ			x4				48x
Доля ВЭС	0,3%	1,4%	x4,5	4,6%	10,6%	15,4%	48x
Доля СЭС	0,2%	0,7%	x3	2,6%	6,7%	11,2%	49x
Доля ГеоТЭС	0,04%	0,08%	x2	0,08%	0,08%	0,07%	2x
Доля ГЭС	19%	19%	x1	17%	16%	15%	0,8x
Доля биоТЭС	0,2%	0,2%	x1	0,3%	0,3%	0,4%	1,7x
Доля АЭС	19%	20%	x1,1	27%	33%	34%	1,8x
Системы хранения энергии, тыс. кВт-ч	32	169	x2,5	566	1 116	1 700	x10
Углеродоемкость электроэнергии, гCO <sub>2</sub> /кВт-ч	324	282	x0,9	207	121	61	x0,2

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 4.2 Среднегодовые вводы генерирующих мощностей (МВт)

	2015-2022	2023-2030		2031-2040	2041-2050	2051-2060	
Всего	 3517	 3971	x1,1	 8024	 11300	 10536	x3
ВИЭ	 643	 1473	x2,2	 4201	 7124	 7983	x12
Доля ВИЭ	18,3%	37,1%	x2	52,4%	63,0%	75,8%	x4
ВЭС	287 	748 	x2,6	1 952 	2 913 	3 626 	x13
СЭС	229 	510 	x2	1 448 	3 172 	3 691 	x16
ГеоТЭС	9	3	x0,3	3	3	0	x0
БиоТЭС	14	9	x0,6	43	57	51	x4
ГЭС	104 	204 	x2	755 	979 	614 	x6
АЭС	930 	989 	x1	2 004 	2 804 	1 770 	x2
ТЭС уголь без CCUS	497	353	x0,7	280	86	32	x0,06
ТЭС уголь с CCUS	0	0		13 	24 	14 	
ТЭС газ без CCUS	1 344	953	x0,7	733	214	86	x0,06
ТЭС газ с CCUS	0	0		38 	69 	37 	
Системы хранения энергии	3 	8 	x2,5	20 	28 	29 	x10

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

## 4.2 Дорожная карта

Для электроэнергетики в дорожной карте выделены три направления: АЭС; ВИЭ и системы накопления энергии. В Дорожной карте приведены четыре таблицы. Первая отражает наполнение каждой из пяти опор для обеспечения устойчивого и эффективного процесса снижения выбросов ПГ; другие три дают некоторую детализацию и разнесение мер во времени.

Таблица 4.3 Дорожная карта для электроэнергетики



### АЭС

Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Повышение доли АЭС поколения «3+» (включая модернизированные энергоблоки) до 40% (к 2035 г.). Запуск мощностей АЭС поколения IV с замыканием ядерного топливного цикла за счет параллельной эксплуатации реакторов на тепловых и быстрых нейтронах суммарной мощностью 1,8 ГВт. Строительство АЭС с реакторами ВВЭР-ТОИ для замены энергоблока серии РБМК-1000 на Курской АЭС.	Повышение доли стационарных АЭС поколений «3+» и IV до 100%. Повышение маневренности АЭС. Ввод в эксплуатацию и тиражирование малых плывучих АЭС и стационарных АЭС в удаленных и труднодоступных населенных пунктах. Анализ возможности использования площадок выводимых угольных ТЭС для строительства АЭС.
<b>Нормативная база</b>	Реализация требований НПА, определяющих параметры развития АЭС, включая Энергетическую стратегию РФ на период до 2035 года; Государственную программу РФ «Развитие атомного энергопромышленного комплекса»; Программу инновационного развития и технологической модернизации Госкорпорации «Росатом» на период до 2030 года.	Фиксация целевых параметров в новых НПА, включая обновленные версии СНУР, Энергетической стратегии РФ на период до 2050 года, Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики, обновленные программы развития ядерной энергетики: развитие АЭС, повышение безопасности ядерного цикла и улучшение экономических параметров АЭС.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Совершенствование тарифных и фискальных механизмов поддержки развития АЭС, включая введение цены на углерод. Расширение применения схем договоров купли-продажи электроэнергии (PPA), контрактов на разницу (CFD). Повышение доли заемного (с льготами по ставке) и корпоративного финансирования. Предоставление налоговых инвестиционных кредитов.	
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Правительство РФ и Министерство энергетики РФ. Реализация политики: «Совет рынка» (НП Совет рынка), Системный оператор Единой энергетической системы России (СО ЕЭС), Госкорпорация «Росатом», научные центры и НИИ, проектные организации, ВУЗы и корпоративные образовательные центры, производители оборудования.	
<b>Человеческий капитал</b>	Использование потенциала научных организаций РАН и Росатома (28 организаций и 6 государственных научных центров), а также потенциала Технической академии Росатома, которая является ключевым звеном развития кадрового потенциала.	



## ВИЭ (ВЭС и СЭС)



Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Строительство и ввод в эксплуатацию к 2028 г. не менее 9,8 ГВт генерирующих объектов на основе ВИЭ на оптовом и розничных рынках с выработкой не менее чем 23,5 млрд кВт-ч электроэнергии. Вывод ВЭС на ценовой паритет на оптовом рынке, а СЭС – на розничном. Развитие сетевого хозяйства, систем хранения энергии и интеллектуальных систем, позволяющих максимально использовать потенциал ВИЭ. Повышение уровня локализации СЭС до 100% к 2027 г., а ВЭС – до 75%. Разработка проектов ВЭС ультрамегаваттного класса.	Разработка легкосборных систем ВИЭ и гибридных систем для работы в суровых климатических условиях. Повышение уровня локализации сетевых ВЭС до 100% к 2040 г. Освоение производства полного спектра элементов для сборки СЭС и ключевых элементов для ВЭС ультрамегаваттного класса. Реализация пилотных проектов по эксплуатации ВЭС в арктической и прибрежной зонах. Повышение КПД СЭС за счет перовскитной (perovskite) технологии, кремниевых технологий n-типа и многокаскадных технологий. Строительство интеллектуальных электрических сетей для интеграции ВИЭ в систему.
<b>Нормативная база</b>	Национальный мегапроект по развитию ВИЭ и реализация требований НПА, определяющих параметры развития генерации ВИЭ и повышение амбициозности по развитию ВИЭ к 2030 г. в новых НПА, включая «Энергетическую стратегию РФ на период до 2059 года», Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2042 г. и закон «Об электроэнергетике» в части квалификации генерации на ВИЭ и введении сертификатов происхождения электрической энергии. Подготовка НПА по схемам поддержки ВИЭ после 2035 г.	Фиксация в новых НПА, включая обновленные версии СНУР, Энергетическую стратегию РФ на период до 2050 года, амбициозных целей по развитию ВИЭ, планов НИОКР, схем поддержки ВИЭ на перспективу до 2060 года. Задание минимальной доли генерации на ВИЭ в струк-туре генерации компаний с возможностью торговли сертификатами. Правила строительства интеллектуальных электрических сетей
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Совершенствование тарифных и фискальных механизмов поддержки развития ВИЭ. Запуск с 2024 г. отборов проектов ВИЭ по одностороннему тарифу с заданными требованиями по уровню локализации и доле экспорта продукции. Запуск механизма «зелёных» сертификатов. Предоставление налоговых инвестиционных кредитов.	Введение цены на углерод. Использование контрактов «на разницу в цене» (цена формируется на основе аукциона, и генератор получает доплату, если цена на оптовом рынке оказывается ниже контрактной, или осуществляет возврат, если выше). Госзакупки «зеленой» энергии. Придание цены ресурсу гибкости генератора. Софинансирование НИОКР.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Министерство энергетики и Минэкономразвития. Реализация политики Системный оператор Единой энергетической системы России (СО ЕЭС), «Совет рынка» (НП Совет рынка), Российская Ассоциация ВИЭ-генерации и электротранспорта (РАВИ), Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), генерирующие компании, девелоперы проектов ВИЭ, производители и поставщики оборудования, научно-исследовательские и образовательные центры, финансовые институты	Системный оператор Единой энергетической системы России (СО ЕЭС), «Совет рынка» (НП Совет рынка), Российская Ассоциация ВИЭ-генерации и электротранспорта (РАВИ), Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), генерирующие компании, девелоперы проектов ВИЭ, производители и поставщики оборудования, научно-исследовательские и образовательные центры, финансовые институты
<b>Человеческий капитал</b>	Кратное увеличение числа специалистов и центров их подготовки. Рост числа и уровней компетенции научных центров по разработке новых технологий ВИЭ. Профессиональная подготовка по специальности ВИЭ в РФ ведется в 7 вузах и одном научном учреждении РАН. Российская Ассоциация ВИЭ-генерации и электротранспорта, Ассоциация развития возобновляемой энергетики, Ассоциация производителей солнечной энергетики объединяют генерирующие компании, девелоперов проектов ВИЭ, производителей и поставщиков оборудования, научно-исследовательские центры и финансовые институты	



## Системы накопления энергии



Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Создание технологий нового поколения для СНЭ, повышение их уровней технологической и коммерческой готовности и освоение производства СНЭ в рамках реализации дорожной карты «Технологии создания систем накопления электроэнергии, включая портативные. Создание инфраструктуры для увеличения ёмкости СНЭ в 8-10 раз к 2030 году.	Наращивание суммарной емкости СНЭ на порядок от уровня 2030 г. с активным использованием разных технологий СНЭ в составе распределенной и централизованной энергетикой. Использование для нужд общей сети внешних систем накопления у потребителей (ЭМ) для выравнивания графика нагрузки. Создание системы экологичной утилизации батарей и вторичного использования материалов.
<b>Нормативная база</b>	Подготовка стандартов по безопасности, надежности, учету, утилизации и вторичному использованию материалов, а также по оптимизации интеграции СНЭ в общую сеть. Подготовка НПА, определяющих требования и параметры развития СНЭ и интеграции их в систему и реализации этих требований. Определение целевых индикаторов развития СНЭ в актуализированных версиях Энергетической стратегии РФ; дорожной карты «Технологии создания систем накопления электроэнергии, включая портативные». Требования по развитию систем энергоснабжения на изолированных территориях с применением ВИЭ и СНЭ.	Фиксация целевых индикаторов развития СНЭ и требований к ним в НПА, включая актуализированные версии СНУР, Энергетической стратегии, Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики и программы развития СНЭ. Принятие НПА по изменению схем тарифообразования для проведения аукционов на емкости СНЭ и формирования тарифа на хранение электроэнергии. Адаптация правил работы энергетических рынков с учетом прогресса в области СНЭ.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Совершенствование тарифных и фискальных механизмов поддержки развития СНЭ. Субсидии на НИОКР на создание и установку СНЭ в рамках пилотных проектов. Налоговые кредиты, льготные кредиты. Стимулирование применения накопления энергии осуществляется через адаптацию правил энергетических рынков для устранения барьеров и учета преимуществ накопления энергии.	Формирование тарифа на хранение энергии. Развитие тарифных схем по зонам суток. Введение цены на углерод. Софинансирование НИОКР. Придание цены ресурсу гибкости генератора. Проведение технологически нейтральных аукционов на обеспечение ресурса СНЭ.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Министерство энергетики и Минэкономразвития. Реализация политики: Россети, Росатом, генерирующие компании, Системный оператор Единой энергетической системы России (СО ЕЭС), НП Совет рынка, Российская Ассоциация ВИЭ-генерации и электротранспорта (РАВИ), Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), генерирующие компании, девелоперы проектов ВИЭ, производители и поставщики оборудования, научно-исследовательские и образовательные центры, финансовые институты.	
<b>Человеческий капитал</b>	Профессиональная подготовка по специальности «Системы накопления энергии» в российских вузах. Учебные материалы и инструменты для подготовки специалистов. Выявление лучших отраслевых практик и процессов. Разработка ПО для оценки необходимого ресурса СНЭ и его эффективной интеграции в системах диспетчеризации. Подготовка научных кадров для реализации НИОКР по СНЭ.	

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

В рамках Низкоуглеродной стратегия РФ до 2050г. предусмотрено:

- доля ГЭС к 2030 г. составит – 16%, АЭС – 16% и ВИЭ – 2%;
- доля ГЭС к 2050 г. составит – 19%, АЭС – 24% и ВИЭ – 13%;
- мероприятия по модернизация существующих энергоблоков ТЭС за счет введения нормативных требований по снижению удельного расхода условного топлива на выработку 1 кВтч поставляемой на оптовый рынок электроэнергии и мощности до

270 гут/кВтч к 2035 году, а также проведение конкурсных отборов модернизации ТЭС с учетом установленных критериев по снижению эмиссии парниковых газов.

- подготовлен и направлен на межведомственное согласование проект доклада в Правительство Российской Федерации с перечнем основных факторов и административных барьеров, препятствующих развитию ГЭС и ГАЭС, и предложениями по их устранению;
- сформированы правовые основы для функционирования добровольной системы обращения сертификатов происхождения электроэнергии (атрибутов генерации), а также формирования механизма двусторонних договоров на рынках электроэнергии и мощности с учетом международной практики регулирования данной категории сделок и с возможностью передачи атрибутов генерации контрагентам по указанным договорам;
- предусмотрена реализация сетевыми организациями мероприятий по снижению уровня потерь электрической энергии в электрических сетях с 10,3% в 2020 г. до 8,6% в 2030 г.

В Энергетической стратегии показателем решения задачи повышения эффективности атомной энергетики, включая обеспечение экономической конкурентоспособности новых атомных электростанций, является доля атомных электростанций поколения "3+" и модернизированных действующих энергоблоков атомных электростанций с продленным сроком эксплуатации к 2035 году – 40%. Показателем решения задачи разработки и внедрения новой энергетической технологии в области атомной энергетики, предполагающей параллельную эксплуатацию реакторов на тепловых и быстрых нейтронах в целях обеспечения замкнутого ядерного топливного цикла, является установленная мощность реакторов на быстрых нейтронах к 2035 году - 1,78 ГВт.

В Схеме и программе развития электроэнергетических систем России на 2023–2028 годы основным направлением развития АЭС является строительство энергоблоков с реакторами нового типа ВВЭР-ТОИ для замены энергоблока серии РБМК-1000 на Курской АЭС, а также строительство инновационного энергоблока БРЕСТ-ОД-300 на АЭС Брест. Объем вывода из эксплуатации генерирующего оборудования атомных электростанций до 2028 года – 1000 МВт. Ввод в эксплуатацию атомных электростанций – 2700 МВт. Приоритетные проекты по модернизации существующих технологий согласно Программе инновационного развития и технологической модернизации Госкорпорации «Росатом» на период до 2030 года:

- снижение топливной составляющей себестоимости электроэнергии;
- повышение технико-экономических характеристик АЭС, увеличивая длительность эксплуатации и внедряя удлиненные топливные циклы;
- снижение затрат на проектирование, строительство, эксплуатацию, сервис и вывод из эксплуатации энергоблоков;
- снижение удельных затрат на производство и использование энергоресурсов за счет своевременного замещения выводимых из эксплуатации энергоблоков;
- повышение коэффициента использования установленной мощности.

В Низкоуглеродной стратегии РФ до 2050г. сформирована концепция НПА для создания условий привлечения инвестиций, обеспечивающих вводы в эксплуатацию почти 10 ГВт ВИЭ на оптовом и розничных рынках с выработкой электроэнергии не менее чем 23,5 млрд кВт-ч. Однако в ней ожидается, что доля выработки на ВИЭ составит к 2035г. только 2%.

В Энергетической стратегии РФ предполагается развитие накопителей за счет новых ГАЭС, накопителей на солнечных и ветровых электростанциях, системных накопителей,

накопителей у потребителей и на электромобилях. Использование сетевых систем накопления энергии реализуется в программах инновационного развития ПАО «Россети», ГК «Росатом» и ПАО «РусГидро».

Министерство энергетики РФ разработало «Концепцию развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации»<sup>69</sup>. Цель документа – определить приоритеты и ключевые меры для создания в России новой высокотехнологичной отрасли систем хранения электроэнергии. Определены следующие наиболее перспективные направления (сценарии) развития рынка систем хранения электроэнергии:

- «Интернет энергии» - использование систем хранения электроэнергии в составе распределенной энергетики;
- «Новая генеральная схема» - использование систем хранения электроэнергии в составе крупной централизованной энергетики;
- «Водородная энергетика» - использование систем хранения электроэнергии в водородном цикле для энергетики с высокими требованиями по автономности, мобильности, экологичности.

В новом проекте Энергетической стратегии рассматривается разработка рыночных механизмов, стимулирующих потребителей к активному участию в формировании розничного рынка электроэнергии (управление спросом посредством участия в регулировании графика нагрузки), с применением, в том числе, технологии хранения и аккумулирования электроэнергии и ее воспроизводства. Предполагается сохранение фискальных механизмов в форме бюджетной поддержки развития АЭС и тарифных механизмов в форме сохранения тарифных надбавок для развития генерации на АЭС. До 2024 года предполагается сохранение действующего рыночного механизма ДПМ для поддержки ВИЭ. После 2024 года предполагается, что новая программа стимулирования развития ВИЭ будет основана на отборах по одноставочному тарифу с заданными требованиями по доле экспорта продукции и по увеличению уровня локализации. В новых механизмах предполагается изменение порядка стимулирования с определением планового годового объема производства электроэнергии и долгосрочной одноставочной цены электроэнергии.

С 2024 года предполагается запуск нового механизма поддержки ВИЭ – «зелёные» сертификаты. Предполагается также реализация схемы с раскрытием происхождения электроэнергии для потребителей, которым важна оценка «углеродного следа». Изучается возможность использования схемы контрактов «на разницу в цене» (цена формируется на основе аукциона, и генератор получает доплату, если цена на оптовом рынке оказывается ниже контрактной, или осуществляет возврат, если выше). Эта же схема может использоваться для финансирования строительства АЭС.

В электроэнергетике существует запрос на изменение, повышение разнообразия механизмов привлечения инвестиций в отрасль. Участники энергорынка говорят о необходимости разработки альтернативы механизму ДПМ<sup>70</sup>. В рамках ДПМ расходы на строительство генерации для энергоснабжения отдельных проектов перекладываются в общую тарифно-ценовую нагрузку для всех участников оптового энергорынка. По мнению Сообщества потребителей энергии одним из механизмов могут стать инвестиционные свободные договоры. Ряд потребителей на добровольной основе получают право заключить договор с поставщиком на строительство генерирующего объекта и поставку электроэнергии и мощности от такого объекта. Взамен для таких потребителей мог бы быть сокращен

<sup>69</sup> <https://minenergo.gov.ru/node/9029?ysclid=lp88rj73c3541408876>

<sup>70</sup> <https://rspp.ru/events/news/rspp-obsudili-razvitie-mekhanizmov-privlecheniya-investitsiy-v-elektroenergetike-654ca4c324b68/>

объем иных инвестиционных надбавок, существующих на оптовом энергорынке. Данный вид договора может распространяться как на традиционную генерацию, так и на ВИЭ.

Научный потенциал Росатома составляет 28 научных организаций и 6 государственных научных центров. В России 11<sup>71</sup> вузов и один научный центр Российской академии наук (ФНАЦ «ВИМ») готовят специалистов с высшим образованием по специальности «Нетрадиционная и возобновляемая энергетика». В 2021 году было выпущено более 300 специалистов. В шести вузах и одном учреждении РАН работали аспирантуры по подготовке специалистов высшей квалификации по возобновляемой энергетике, в четырёх из них действовали диссертационные советы по этой специальности. Софинансирование образования по ВИЭ в ограниченных объёмах обеспечивают ПАО «РусГидро» и ПАО «Роснано».

---

<sup>71</sup> <https://www.c-o-k.ru/articles/specializaciya-rossijskih-vuzov-v-sfere-vozobnovlyaemoy-energetiki?ysclid=lp89xo2dbj340066672>

5

# Теплоэнергетика

## 5.1 Целевые индикаторы

Теплоснабжение является «нелюбимым ребенком» Энергетической стратегии РФ. Во всех ее редакциях этому жизненно важному сектору российского ТЭК уделялось минимальное внимание. Правовые нормы ФЗ «О теплоснабжении» № 190-ФЗ и Постановления Правительства РФ от 3 ноября 2022 г. № 1985 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2017 г. № 1562» не повлияли кардинально на повышение эффективности и надежности работы систем теплоснабжения. Субъектами РФ готовятся дорожные карты по подключению (технологическому присоединению) к СЦТ. На официальном сайте Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства размещены лучшие из них. Они охватывают узкий аспект – только подключение к СЦТ без определения целевых показателей. На муниципальном уровне разрабатываются схемы теплоснабжения, которые фиксируют перечень перспективных инвестиционных проектов.

Таблица 5.1 Целевые индикаторы для сектора «теплоэнергетика»

	2021	2030	2040	2050	2060		
Производство тепловой энергии в ЦСТ, млн Гкал	1362	1328	x0,98	1221	1037	820	x0,62
Доля котельных, %			x1,1				x1
Доля теплоэнергии от ЦСТ в конечном потреблении энергии			x1,01				x0,77
Потребление биомассы на производство тепловой энергии, млн т	5,8	7,2	x1,24	11,8	18,2	24,5	x3,39
Потери в тепловых сетях, %	10,4%	8,2%	x0,8	6,7%	5,5%	4,5%	x0,55
Доля отпуска тепловой энергии в ЦСТ новых поколений, %	0%	0,01%		2,5%	7,5%	15%	x150*
Удельные выбросы ПГ, кг СО <sub>2</sub> экв/Гкал	261	245	X1,1	232	216	193	X1
			x0,94				x0,74

\*по отношению к 2030 году.

Источник: оценки авторов.

Целевые индикаторы для сектора теплоснабжения определены для сценария 4D с помощью «облака» моделей ЦЭНЭФ-XXI и включают следующие показатели: производство тепловой энергии в ЦСТ, доля котельных, доля теплоэнергии от ЦСТ в конечном потреблении энергии, потребление биомассы на производство тепловой энергии, потери в тепловых сетях и доля отпуска тепловой энергии в ЦСТ новых поколений (табл. 5.1).

## 5.2 Дорожная карта

Для сектора теплоэнергетики в дорожной карте выделены два направления: создание систем централизованного теплоснабжения 4-го и 5-го поколений и использование биомассы в СЦТ. Для каждой из них приведены две таблицы. Первая отражает наполнение каждой из пяти «опор» для обеспечения устойчивого и эффективного процесса снижения выбросов ПГ. Вторая дает некоторую детализацию и разнесение мер во времени.

**Таблица 5.2 Дорожная карта для сектора «теплоэнергетика»: СЦТ новых поколений**



<b>СЦТ новых поколений</b>		
Компоненты	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Зонирование районов теплоснабжения, перспективных для внедрения систем СЦТ новых поколений. Реализация пилотных проектов по переходу на системы СЦТ 4-го поколения. Ввод в действие мощностей по производству оборудования и материалов для систем СЦТ новых поколений (гибкие сдвоенные трубопроводы, низкотемпературные радиаторы и др.).	Увеличение доли систем СЦТ 4-го поколения (15% от общего полезного отпуска тепловой энергии к концу периода). Расширение мощностей по производству оборудования и материалов для систем СЦТ новых поколений. Реализация пилотных проектов по переходу на системы СЦТ 5-го поколения. Появление просьюмеров тепловой энергии. Повышение уровня локализации производства оборудования для новых систем СЦТ до 75%.
<b>Нормативная база</b>	Формирование нормативно-правовой базы для внедрения СЦТ 4-го поколения. Разработка стандартов для СЦТ 4-го поколения. Разработка и запуск федеральной программы «110-50» для распространения СЦТ 4-го поколения. Введение требования предусматривать СЦТ 4-го поколения для новой застройки, начиная с 2031 г. Ужесточение требований по теплосащите новых зданий и для капитально ремонтируемых. Требования к региональным программам по созданию систем СЦТ 4-го поколения. Разработка программ обучения и подготовка специалистов для работы в СЦТ новых поколений.	Формирование нормативно-правовой базы и стандартов для внедрения СЦТ 5-го поколения. Расширение масштабов реализации федеральной программы «70-50». Запуск федеральной программы «50-30» для распространения СЦТ 5-го поколения. Запрет на подключение новых МКД и общественно-деловых зданий к СЦТ ниже 4-го и 5-го поколений. В концессионных соглашениях предусматривать в обязательном порядке план мероприятия по переходу на системы СЦТ новых поколений с 2031 года. Принятие НПА, регламентирующих формы стимулирования и финансирования проектов по переходу на системы СЦТ новых поколений.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Предоставление налоговых льгот и гарантий, инвестиционные налоговые кредиты, субсидирование ставки процента, «промышленная» ипотека, ЧПП-проекты, «зелёные» облигации. Цена на углерод.	
<b>Институты</b>	Федеральные органы власти – финансирование НИОКР и программ по направлению «системы СЦТ новых поколений». Фонд развития территорий, банки – финансирование проектов, предоставление кредитов. Фонд развития промышленности – софинансирование проектов по организации производства оборудования и материалов для систем СЦТ новых поколений. Региональные и муниципальные органы власти – включение мероприятий по постепенному переходу на СЦТ новых поколений в схемы теплоснабжения, генеральные планы и другие документы территориального планирования. Региональные и муниципальные органы власти – софинансирование проектов по переходу на системы СЦТ новых поколений. Теплоснабжающие организации – техническая реализация мероприятий по переходу на системы СЦТ новых поколений. Производители оборудования – строительство новых и переснащение действующих мощностей для налаживания производства оборудования и материалов, используемых в системах СЦТ новых поколений.	
<b>Человеческий капитал</b>	Энергетические ВУЗы - подготовка и переподготовка специалистов в достаточном количестве с необходимыми компетенциями по направлению «Системы теплоснабжения новых поколений». Привлечение в профильные министерства кадров, имеющих компетенции по данному направлению. Научно-исследовательские институты – разработка новых видов оборудования, материалов и ПО для СЦТ новых поколений с интеграцией в них ВИЭ и других источников низкопотенциального тепла. Проектные организации - обучение сотрудников проектированию СЦТ новых поколений. Теплоснабжающие организации – переподготовка кадров для эксплуатации СЦТ новых поколений.	

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

**Таблица 5.3 Дорожная карта для сектора «теплоэнергетика»: использование биомассы**





## Использование биомассы в теплоснабжении



Компоненты	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Развитие технологий интенсификации метанового сбраживания, производства торрефицированных пеллет и брикетов, производство эффективных мультитопливных топочных устройств для сжигания и газификации биомассы с низкой температурой плавления золы и ее высокой летучестью, снижение металлоемкости и энергоемкости метатенков и биогазовых станций в целом. Ввод в действие мощностей по производству оборудования и материалов для реализации перечисленных технологий на практике.	Развитие новых технологий термо- и биохимической конверсии для использования биомассы для производства тепловой энергии. Увеличение объемов выработки тепла на биомассе. Расширение мощностей по производству оборудования для использования биомассы на источниках тепла. Реализация проектов производства тепловой энергии с использованием биомассы по новым технологиям термо- и биохимической конверсии. Повышение уровня локализации производства до 100%.
<b>Нормативная база</b>	НПА с целевыми показателями по сокращению выбросов ПГ в отрасли. Установление минимальных требований по доле выработки тепла в СЦТ на безуглеродных источниках.	Принятие НПА по механизмам торговли квотами на выбросы ПГ или схемам взимания цены на углерод. Принятие НПА по требованиям к Долгосрочным целевым соглашениям или Планам по декарбонизации.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Предоставление налоговых льгот и гарантий, инвестиционные налоговые кредиты, субсидирование ставки процента. Финансирование НИОКР. Софинансирование программ локализации производства оборудования. Государственные и муниципальные закупки. ЧПП-проекты. Цена на углерод.	
<b>Институты</b>	Минэнерго – разработка федеральных НПА и программ по повышению доли использования биомассы при выработке тепловой энергии, финансирование НИОКР. Региональные и муниципальные органы власти – разработка программ повышения доли биомассы и отражение их в схемах теплоснабжения и софинансирование проектов по созданию источников тепла на биомассе. Фонд развития территорий – софинансирование проектов в СЦТ, использующих биомассу. Фонд промышленности – софинансирование проектов по производству оборудования для производства и использования биомассы. Теплоснабжающие организации – реализация проектов. Производители оборудования – строительство новых и переоснащение действующих мощностей для налаживания производства оборудования для генерации тепловой энергии с использованием биомассы.	
<b>Человеческий капитал</b>	Энергетические ВУЗы - подготовка и переподготовка специалистов в достаточном количестве с необходимыми компетенциями. Научно-исследовательские институты – разработка новых видов оборудования и оценка по зонам потенциала использования биомассы.	

Источник: ЦЭНЭФ-XXI

В сценарии 4D предполагается снижение потребления тепла за счет активных мер по повышению энергоэффективности, несмотря на значительные объемы нового строительства. Предполагается введение в действие целевой модели рынка тепловой энергии в ценовых зонах теплоснабжения, которая обеспечит загрузку действующих ТЭЦ, сокращение потерь тепловой энергии при ее передаче до достижения значений нормативных уровней. Схемы теплоснабжения показывают, что вновь осваиваемые для застройки территории обеспечиваются теплоснабжением от централизованных котельных. Экономическая эффективность строительства ТЭЦ (с установленной электрической мощностью до 100 МВт) не обеспечивает возврата инвестированных средств за приемлемый период. Строительство источников с комбинированной выработкой становится экономически целесообразным при наличии субсидий.

На горизонте 25-40 лет часть СЦТ будет преобразовано в 4-е поколение и со временем начнут появляться системы 5-го поколения. Такие системы должны обеспечить теплоснабжение зданий с повышенными характеристиками теплозащиты при использовании низкотемпературного теплоносителя и тепла с низкими потерями; интегрировать в СЦТ тепло низкотемпературных ВИЭ источников и интегрировать сами СЦТ в интеллектуальные энергетические системы.

Для реализации концепции 4G потребуется переработка требований к тепловой защите зданий и к созданию внутридомовых систем отопления и вентиляции таким образом, чтобы низкотемпературный теплоноситель обеспечивал тепловой комфорт в помещениях. Для технического решения этих задач должны быть использованы трубопроводы из новых долгоживущих материалов (в основном на основе полиэтилена и полипропилена); сокращены единичные тепловые мощности (не выше 25-30 Гкал/ч) централизованных систем, с тем чтобы головные участки трубопроводов из новых материалов не превышали диаметров 350-400 мм; все здания должны быть присоединены к тепловым сетям с использованием индивидуальных тепловых пунктов с системами автоматического регулирования (интегрироваться с системами «умный дом» и «интернет вещей»); независимой схемой присоединения тепловой нагрузки отопления и двухступенчатой схемой подогрева для приготовления горячей воды; должна быть организована горизонтальная разводка теплоносителя в зданиях. Необходимо разработать типовые схемы и типоразмеры оборудования, профильное оборудование с интенсификацией теплообмена

для утилизации теплоты вентиляционных выбросов в зданиях. К 2050-2060 гг. системы отопления индивидуальных зданий на 25% должны функционировать с использованием индивидуальных гибридных систем электро- и теплоснабжения (топливный элемент + СЭС с накопителями электрической тепловой энергии). Все вновь строящиеся коммунально-бытовые источники электрической и тепловой энергии должны функционировать с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии, а в зонах с теплым климатом – с комбинированной выработкой электроэнергии, тепла и холода. Электрическая мощность таких ТЭЦ должна определяться на основе теплового потребления здания и не должна превышать 30-50 МВт.

# 6

## Промышленность

## 6.1 Целевые индикаторы

Для достижения полной декарбонизации черной металлургии к 2060 году предполагается запустить и заметно масштабировать использование таких низкоуглеродных технологий, как:

- Черная металлургия:
  - Производство стали в электродуговых сталеплавильных печах (EAF).
  - Производство железа прямого восстановления (DRI) с использованием природного газа и технологии CCUS.
  - Производство железа прямого восстановления с использованием водорода.
- Цветная металлургия (производство алюминия):
  - Производство алюминия по технологии предварительно обожженных анодов на сверхмощных электролизерах второго поколения (PA-550, PA-800+).
  - Производство алюминия по технологии «инертных» анодов.
- Производство цемента:
  - Переход на энергосберегающие способы производства цемента (сухой и комбинированный).
  - Уменьшение соотношения «клинкер-цемент» за счет роста доли минеральных добавок и вторичных ресурсов, заменяющих известняк.
  - Повышение доли использования альтернативного топлива (АТ) при производстве цемента.
  - Производство цемента с использованием технологии CCUS.
- Химическая промышленность (производство аммиака).
  - Конверсия природного газа при производстве аммиака на новых крупных современных агрегатах с использованием технологии CCUS.
  - Использование «зеленого» водорода при производстве аммиака.

Целевые индикаторы (КРІ) для энергоемких отраслей промышленности определены с помощью облака моделей ЦЭНЭФ-XXI и включают 11 показателей<sup>72</sup> (табл. 6.1 и 6.2).

<sup>72</sup> Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglерodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

**Таблица 6.1 Целевые индикаторы для промышленности**

Показатель	2021	2030		2040	2050	2060	
Потребление конечной энергии, млн тт	276	245	x0,9	207	182	162	x0,6
Доля электроэнергии в потреблении конечной энергии	22%	25%	x1,1	33%	41%	49%	x2,2
Выбросы CO <sub>2</sub> , млн т	340	244	x0,7	131	82	54	x0,2
Производство стали, млн т	71	78	x1,1	80	74	70	x1
Доля выплавки стали в электродуговых печах	35%	53%	x1,5	83%	100%	100%	x3
Производство железа прямого восстановления (DRI), млн т	8	18	x1	37	45	47	2x
в т.ч. с использованием водорода				H <sub>2</sub> 5	H <sub>2</sub> 12	H <sub>2</sub> 13	∞
природный газ с CCUS				CO <sub>2</sub> 5	CO <sub>2</sub> 11	CO <sub>2</sub> 12	∞
Производство алюминия первичного, млн т	3,7	3,7	x1	3,7	4,3	5,0	x1,4
Доля технологии предварительно обожженных анодов	0%	38%		58%	71%	64%	∞
Доля технологии «инертных» анодов	0,1%	6%	x60	13%	26%	36%	x490
Производство цемента	61	75	x1,2	81	83	83	x1,4
Доля сухого способа	58%	70%	x1,2	84%	98%	100%	x1,7
Клинкер-фактор	74%	68%	x0,9	61%	54%	49%	x0,7
Производство аммиака	17	14	x0,8	18	22	26	x1,5
в т.ч. с использованием водорода				H <sub>2</sub> 0	H <sub>2</sub> 2%	H <sub>2</sub> 4%	∞
природный газ с CCUS				CO <sub>2</sub> 0	CO <sub>2</sub> 22%	CO <sub>2</sub> 43%	∞

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 6.2 Среднегодовые вводы промышленных мощностей (млн т/год)

Показатель	2015-2022	2023-2030	2031-2040	2041-2050	2051-2060		
Дуговые сталеплавильные печи	1,4 	1,4 	x0,4	2,4 	3,6 	0,4 	x1,5*
Производство железа прямого восстановления (DRI)	0,3 	1,4 	x4,6	2,4 	1,2 	0,4 	x8*
ПВЖ – природный газ – CCUS			0,3 	0,7 	0,8 		
ПВЖ – водород – ЭДП			0,5 	0,3 	0,1 		
Алюминий по технологии предварительно обожженных анодов		0,2 		0,1 	0,1 	0,1 	∞
Алюминий по технологии «инертных» анодов, тыс. т/год	4 	43 	x11	54 	74 	102 	x50
Сухой способ производства цемента	1,9 	1,7 	x0,9	2 	1,7 	1,6 	x1
Производство цемента с CCUS			0,7 	0,9 	0,7 		∞
Производство аммиака	0,2 	0,3 	x1		0,7 	0,8 	x4,5
с использованием водорода				0,04 	0,06 		∞
с использованием CCUS				0,5 	0,7 		∞

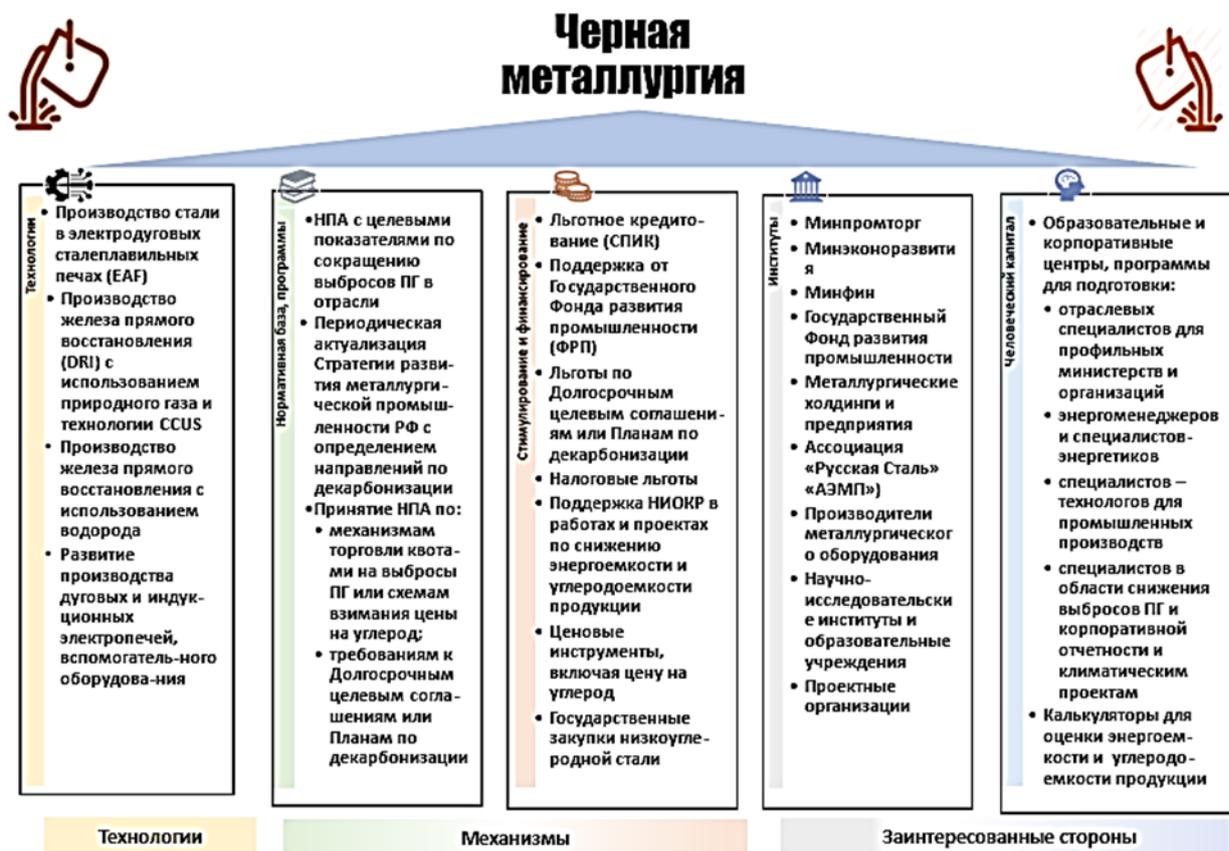
\* максимальное значение за одно из десятилетий.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

## 6.2 Дорожная карта декарбонизации в энергоемких отраслях промышленности

Ниже для каждой из рассмотренных отраслей промышленности даны две таблицы. Первая отражает агрегированное наполнение пяти опор мер политики для обеспечения устойчивого и эффективного процесса перевода промышленности на низкоуглеродные траектории. Вторая представляет некоторую детализацию с разнесением пакетов мер во времени (табл. 6.3–6.5). Для осуществления полной декарбонизации энергоемких отраслей промышленности и развития низкоуглеродных технологий должны быть реализованы следующие меры политики.

Таблица 6.3 Дорожная карта для черной металлургии



## Черная металлургия



Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Развитие производства стали в электродуговых сталеплавильных печах (довести уровень локализации производства оборудования для электродуговых сталеплавильных печей до 80%).	Запуск и масштабирование производства ПВЖ (DRI) с использованием природного газа и технологии CCUS, а также с использованием водорода.
<b>Нормативная база (законы, стратегии, постановления, программы)</b>	Дополнения в НПА, позволяющие заключать СПИК для проектов с технологиями с высокой энергоэффективностью и низкой углеродоемкостью. Дополнения в «Перечень объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям с высокой энергетической эффективностью» для проектов с удельными расходами энергии и удельными выбросами ПГ не выше значений для 10% лучших предприятий в системе бенчмаркинга. Установление максимальных значений удельных выбросов ПГ для получения комплексных экологических разрешений. Принятие НПА по определению квот на выбросы ПГ и схемам введения цены на углерод. Принятие НПА по формированию Долгосрочных целевых соглашений по повышению энергоэффективности и сокращению углеродоемкости, или по формированию Планов по декарбонизации. Принятие НПА по технологиям использования водорода и CCUS в черной металлургии.	Корректировка и дополнение положений НПА по механизмам с ценой на углерод, переносу ее не продукцию при выводе на внешние рынки, по выдаче комплексных разрешений; заключение и реализация Долгосрочных целевых соглашений и Планов декарбонизации с использованием налоговых льгот. Постепенное повышение в этих НПА амбициозности в сфере энергоэффективности и в сокращении углеродоемкости. Принятие НПА по госзакупкам черных металлов с низким углеродным следом и по поддержке производителей оборудования для черной металлургии с высокими уровнями локализации. Принятие НПА по снижению материалоемкости и росту доли использования металлолома в электросталеплавильных производствах.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Предоставление финансовой поддержки в рамках СПИК по схеме технологий с высокой энергетической эффективностью, из ресурсов Государственного Фонда развития промышленности. Софинансирование НИОКР по производству ПВЖ (DRI) с использованием природного газа и технологии CCUS и с использованием водорода.	Предоставление налоговых льгот в рамках Долгосрочных целевых соглашений по повышению энергоэффективности и сокращению углеродоемкости или в рамках Планов по декарбонизации. Введение механизмов с ценой на углерод. Поддержка НИОКР по производству и использованию инновационного оборудования для черной металлургии. Госзакупки черных металлов с низким углеродным следом.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности - Минпромторг, Минэкономразвития, Минфин. Реализация политики и мониторинг - Металлургические холдинги и компании, отдельные предприятия черной металлургии, Ассоциации «Русская сталь» и АЭИП, ФГАУ «НИИ «ЦЭП», научно - исследовательские институты и образовательные учреждения, проектные организации.	
<b>Человеческий капитал</b>	Обязательная подготовка и переподготовка кадров Минпромторга, ФГАУ «НИИ «ЦЭП», крупных металлургических компаний, в т.ч. на базе собственных учебных центров и корпоративных университетов. Разработка специальных программ, учебных дисциплин и онлайн-курсов для подготовки сотрудников металлургических предприятий. Разработка систем формирования углеродной отчетности, бенчмаркинга и маркировки продукции по углеродному следу. Разработка специализированных программ (калькуляторов) для оценки энергоёмкости и углеродоемкости российских металлургических производств, систем сертификации и верификации углеродного следа.	

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 6.4 Дорожная карта для производства алюминия

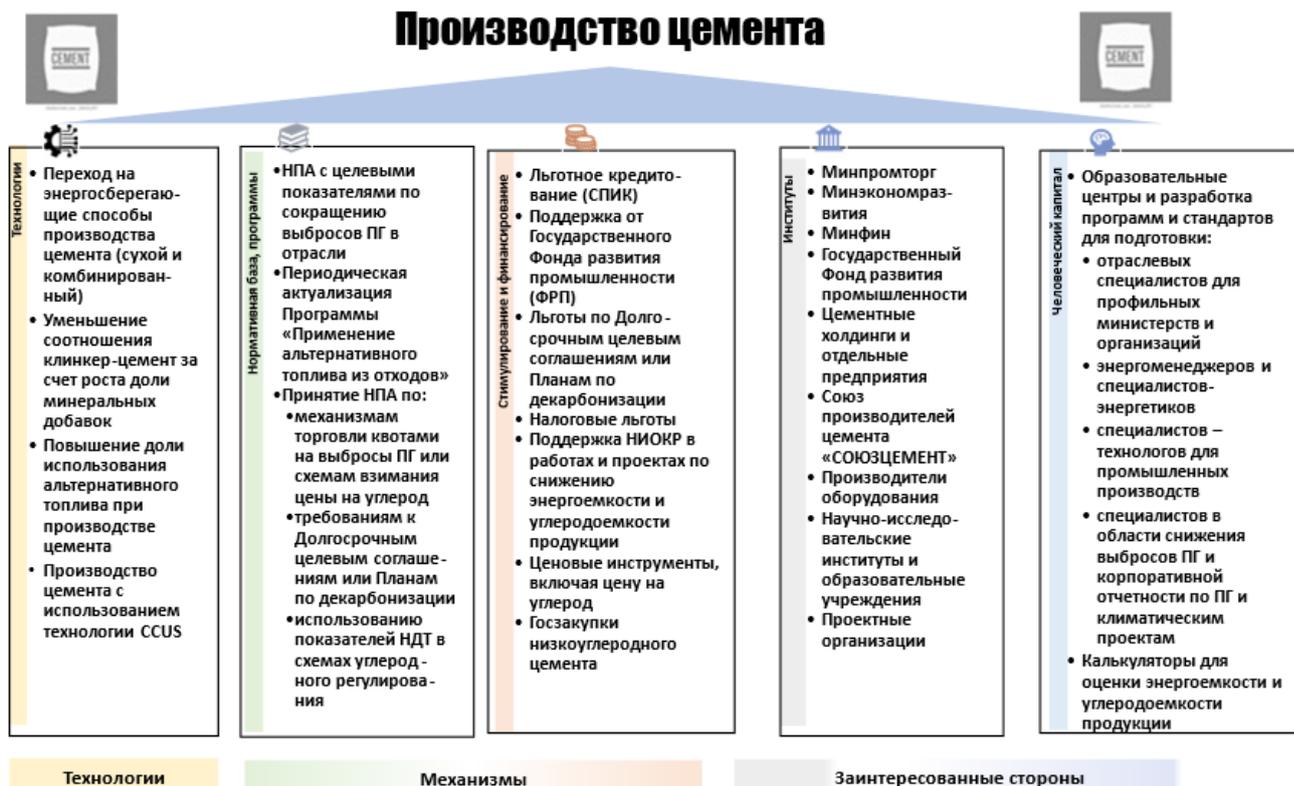


**Производство алюминия**

Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Развитие производство алюминия по технологии предварительно обожженных анодов на сверхмощных электролизерах второго поколения РА-550 (довести уровень локализации производства до 60-100%). Расширение производства алюминия по технологии «инертных» анодов (уровень локализации производства 100%).	Завершение перевода отрасли на производство алюминия по технологии предварительно обожженных анодов на сверхмощных электролизерах второго поколения РА-800+ и по технологии «инертных» анодов с уровнем локализации производства близким к 100%.
<b>Нормативная база</b>	Дополнения в НПА, позволяющие заключать СПИК для проектов с технологиями с высокой энергоэффективностью и низкой углеродоемкостью. Дополнения в «Перечень объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям с высокой энергетической эффективностью» для проектов с удельными расходами энергии и удельными выбросами ПГ не выше значений для 10% лучших предприятий в системе бенчмаркинга. Установление максимальных значений удельных выбросов ПГ для получения комплексных экологических разрешений. Принятие НПА по определению квот на выбросы ПГ и схемам введения цены на углерод. Принятие НПА по формированию Долгосрочных целевых соглашений по повышению энергоэффективности и сокращению углеродоемкости или по формированию Планов по декарбонизации для производства алюминия.	Корректировка и дополнение положений НПА по механизмам с ценой на углерод, переносу ее на продукцию при выходе на внешние рынки. Выдача комплексных разрешений, заключение и реализация Долгосрочных целевых соглашений или Планов декарбонизации с использованием налоговых льгот. Постепенное повышение в НПА амбициозности в сфере энергоэффективности и сокращения углеродоемкости производства алюминия. Принятие НПА по госзакупкам материалов с низким углеродным следом и поддержке производителей оборудования для производства алюминия с высокими уровнями локализации.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Предоставление финансовой поддержки в рамках СПИК по схеме технологий с высокой энергоэффективностью и низкой углеродоемкостью из ресурсов Государственного Фонда развития промышленности.	Предоставление налоговых льгот в рамках Долгосрочных целевых соглашений по повышению энергоэффективности и сокращению углеродоемкости (или в рамках Планов по декарбонизации). Введение механизмов с ценой на углерод. Поддержка НИОКР по производству и использованию инновационного оборудования для производства алюминия. Госзакупки материалов с низким углеродным следом.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Минпромторг, Минэкономразвития, Минфин. Реализация политики и мониторинг: Компания ОК «РУСАЛ», другие предприятия отрасли, Алюминиевая ассоциация, ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», научно-исследовательские институты и образовательные учреждения, проектные организации.	
<b>Человеческий капитал</b>	Обязательная подготовка и переподготовка кадров в Корпоративном университете ОК «РУСАЛ» совместно с Сибирским федеральным университетом. Подготовка и переподготовка кадров Минпромторга, ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». Разработка специальных программ, учебных дисциплин и онлайн-курсов для подготовки сотрудников ОК «РУСАЛ», Минпромторга, ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». Разработка систем формирования углеродной отчетности, бенчмаркинга и маркировки продукции по углеродному следу. Разработка специализированных программ (калькуляторов) для оценки энергоёмкости и углеродоемкости российских производств алюминия, систем сертификации и верификации углеродного следа.	

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 6.5 Дорожная карта для производства цемента



### Производство цемента

Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Переход на энергосберегающие способы производства цемента (довести долю производства цемента энергосберегающими способами до 70%; повысить уровень локализации производства цемента до 80%). Уменьшение соотношения клинкер-цемент (сократить соотношение клинкер-цемент в среднем по России до 83%). Повышение доли использования альтернативного топлива (увеличить производство цемента на альтернативном топливе до 21%).	Дальнейший переход на энергосберегающие способы производства цемента (доля производства цемента энергосберегающими способами -100%; уровень локализации производства цемента -100%). Сокращение соотношения клинкер-цемент (соотношение клинкер-цемент в среднем по России – 59%). Последующее повышение доли использования альтернативного топлива (доля производства цемента на альтернативном топливе – 59%). Запуск и масштабирование производство цемента с использованием технологии CCUS.
<b>Нормативная база (законы, стратегии, постановления, программы)</b>	Дополнения в НПА, позволяющие заключать СПИК для проектов с технологиями с высокой энергоэффективностью и низкой углеродоемкостью. Дополнения в «Перечень объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям с высокой энергетической эффективностью» для проектов с удельными расходами энергии и удельными выбросами ПГ не выше значений для 10% лучших предприятий в системе бенчмаркинга. Установление максимальных значений удельных выбросов ПГ для получения комплексных экологических разрешений. Принятие НПА по определению квот на выбросы ПГ и схемам введения цены на углерод. Принятие НПА по формированию Долгосрочных целевых соглашений по повышению энергоэффективности и сокращению углеродоемкости или по формированию Планов по декарбонизации. Принятие НПА по использованию технологии использования CCUS в цементной промышленности.	Расширение практики применения инвестиционных контрактов для новых проектов по производству цемента по энергоэффективным низкоуглеродным технологиям (технология CCUS). Корректировка и дополнение положений НПА по механизмам с ценой на углерод, переносу ее на продукцию при выходе на внешние рынки, по выдаче комплексных разрешений; заключение и реализация Долгосрочных целевых соглашений и Планов декарбонизации с использованием налоговых льгот. Постепенное повышение в этих НПА амбициозности в сфере энергоэффективности и сокращению углеродоемкости. Принятие НПА по госзакупкам цемента с низким углеродным следом и по поддержке производителей оборудования для цементной промышленности с высокими уровнями локализации. Принятие НПА по росту доли использования альтернативного топлива в цементной промышленности.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Предоставление финансовой поддержки в рамках СПИК по схеме технологий с высокой энергоэффективностью и низкой углеродоемкостью из ресурсов Государственного Фонда развития промышленности. Разработка механизма компенсации затрат цементным предприятиям при реконструкции или модернизации технологического оборудования при использовании альтернативного топлива. Разработка механизма компенсации стоимости приготовления альтернативного топлива и транспортных расходов по его доставке на цементные предприятия России.	Предоставление налоговых льгот в рамках Долгосрочных целевых соглашений по повышению энергоэффективности сокращению углеродоемкости или в рамках Планов по декарбонизации. Введение механизмов с ценой на углерод. Поддержка НИОКР по производству и использованию инновационного оборудования для производства цемента. Компенсация расходов на госзакупку материалов с низким углеродным следом. Компенсация расходов цементных предприятий на приготовление и транспортировку альтернативного топлива на цементные заводы. Компенсация расходов цементным предприятиям при реконструкции или модернизации оборудования при использовании альтернативного топлива.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности Минпромторг России, Минэкономразвития России, Минфин России. Реализация мер политики и мониторинг – крупные цементные холдинги и компании, отдельные цементные заводы, отраслевой Союз производителей цемента «СОЮЗЦЕМЕНТ», ФГАУ «НИИ «ЦПП», научно-исследовательские институты и образовательные учреждения, проектные организации.	
<b>Человеческий капитал</b>	Обязательная подготовка и переподготовка кадров Минпромторга России, ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», крупных цементных компаний и предприятий, в т.ч. на базе собственных учебных центров и корпоративных университетов. Разработка специальных программ, учебных дисциплин и онлайн-курсов для подготовки сотрудников цементных предприятий. Разработка систем формирования углеродной отчетности, бенчмаркинга и маркировки продукции по углеродному следу. Разработка специализированных программ (калькуляторов) для оценки энергоёмкости и углеродоемкости российских цементных заводов, систем сертификации и верификации углеродного следа.	

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Основные цели Федерального закона № 488-ФЗ «О промышленной политике Российской Федерации» (далее – Закон № 488-ФЗ): формирование высокотехнологичной, конкурентноспособной промышленности, обеспечивающей переход экономики России от экспортно-сырьевого типа развития к инновационному развитию; обеспечение обороны и безопасности государства; обеспечение занятости населения и повышение уровня жизни граждан Российской Федерации. Выделяются такие виды государственной поддержки

промышленных предприятий, как финансовая (через госфонды развития промышленности), информационно-консультативная и поддержка развития кадрового потенциала. В этом законе не выделены энергоэффективные и низкоуглеродные технологии. Закон № 488-ФЗ устанавливает открытый перечень мер стимулирования промышленной деятельности, а также особенности применения уже существующих мер (в частности, предоставления бюджетных субсидий) и новых мер, не предусмотренных действующим законодательством (специальный инвестиционный контракт, СПИК).

Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 1512-р от 06.06.2020 года (далее – Сводная стратегия). В ней определены приоритетные направления развития 19 секторов обрабатывающей промышленности России, включая черную, цветную металлургию и химический и нефтехимический комплекс. Целесообразно ее дополнить технологиями, нацеленными на повышение энергетической эффективности и сокращение углеродоемкости выпускаемой продукции.

Стратегия развития металлургической промышленности РФ на период до 2030 года утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 4260-р от 28 декабря 2022 года (далее – Стратегия). В качестве основных направлений ее реализации указаны снижение углеродоемкости и повышение энергоэффективности, обеспечение кадровыми ресурсами и научно-техническое обеспечение отрасли. В ней указаны производство прямовосстановленного и горячебрикетированного железа (ПВЖ/ГБЖ) и производство стали в электродуговых печах, но не указаны прогнозируемые масштабы их применения.

В корпоративных программах установлены целевые показатели декарбонизации. В табл. 6.6 они сопоставляются с оценками Операционного плана. На 2030 год корпорации поставили более амбициозные цели, чем Операционный план.

**Таблица 6.6 Целевые индикаторы повышения энергетической эффективности и сокращения углеродоемкости металлургической продукции**

Наименование показателя	Ед. изм.	2021 (факт)	2022 (факт)	2023-2030 (план)	2031-2060 (план)
<b>Сталь</b>					
<b>Удельные выбросы ПГ</b>					
АО ХК «Металлоинвест»	тСО <sub>2</sub> экв/т стали	1,96	2,09	0,56	0,00
ПАО «Северсталь»	тСО <sub>2</sub> экв/т стали	2,05	2,21	1,86	1,24
Проект операционного плана	тСО <sub>2</sub> экв/т стали	1,94	1,93	1,85	н/д
ПАО «ММК»	тСО <sub>2</sub> экв/т стали	1,95	2,29	1,8	н/д
Компания ЕВРАЗ	тСО <sub>2</sub> экв/т стали	2,23	2,23	1,6	н/д
<b>Алюминий</b>					
<b>Удельный технологический расход электроэнергии</b>					
ЦЭНЭФ-XXI	кВт·ч/т алюминия	15484	15495	14600	12500
ОК «РУСАЛ»	кВт·ч/т алюминия	15484	15495	15000	н/д
<b>Удельные выбросы ПГ</b>					
ОК «РУСАЛ»	тСО <sub>2</sub> экв/т алюминия	2,02	2,0	1,43	0,00
Проект операционного плана	тСО <sub>2</sub> экв/т алюминия	2,21	2,18	1,85	н/д

Источник: Расчеты ЦЭНЭФ-XXI, данные Проекта операционного плана, ОК «РУСАЛ», АО ХК «Металлоинвест», Группы ММК, ПАО «Северсталь», Компания ЕВРАЗ.

Для расширения реестра промышленных технологий и оборудования, входящего в ПП РФ № 600, могут использоваться данные регулярно обновляемых информационно-технических справочников (ИТС) по наилучшим доступным технологиям (НДТ) для промышленного сектора России. Необходимо включить в ИТС низкоуглеродные технологии и

оборудование, данные по которым приведены в табл. 6.1-6.2. В соответствии с Налоговым кодексом Российской Федерации ПП РФ № 600 предоставляет следующие льготы:

- Инвестиционный налоговый кредит. Для целей повышения энергетической эффективности и сокращения энергоемкости и углеродоемкости выпускаемой промышленной продукции сумма инвестиционного налогового кредита составляет 100% стоимости энергоэффективной технологии и/или оборудования.
- Специальный коэффициент, применяемый к основной норме амортизации (не выше 2.0). Специальный коэффициент к основной норме амортизации применяется к объектам, имеющим высокую энергетическую эффективность.
- Освобождение от налога на имущество для вводимого в эксплуатацию оборудования, имеющего высокую энергетическую эффективность и низкую углеродоемкость в соответствии с перечнем таких объектов в ПП РФ № 600. Также от налогообложения освобождаются объекты, имеющие высокий класс энергетической эффективности.

При актуализации справочников ИТС технологии и оборудование, использование которых приводит к сокращению энергоемкости и углеродоемкости продукции, необходимо рассматривать наравне с НДТ, применение которых улучшает только технологические показатели процессов и установок, а также сокращает вредные выбросы в окружающую среду. Необходимо ежегодно актуализировать ПП РФ № 600 и вести мониторинг масштабов внедрения энергоэффективных и низкоуглеродных технологий.

Для полной декарбонизации энергоемких отраслей промышленности предлагается использовать целевые соглашения по повышению энергетической эффективности или Планы по декарбонизации. Для запуска этой схемы в России необходимо:

- совершенствовать процедуры бенчмаркинга по уровню энергоэффективности для энергоемких и углеродоемких отраслей промышленности; процессы планирования целевых заданий и использование бенчмаркинга при их определении;
- определить отрасли, в которых может использоваться инструмент целевых соглашений;
- оценить масштабы применения целевых соглашений – сроки соглашений, размеры инвестиций, объемы достигаемой экономии и снижения выбросов ПГ, а также прогресс в продвижении НДТ;
- разработать классификацию соглашений по значимым признакам (индивидуальные, отраслевые, добровольные и обязательные), формы и структуры целевых соглашений, показатели эффективности (индикаторы);
- определить системы управления как на стадии заключения целевых соглашений, так и на стадии контроля их реализации – стороны целевых соглашений (на стороне государства и на стороне потребителя энергоресурсов или групп (ассоциаций) потребителей энергоресурсов); процедуры присоединения и выхода из целевых соглашений; системы мониторинга хода исполнения целевых соглашений; санкции за невыполнение условий целевых соглашений;
- подготовить предложения по мерам государственной поддержки и системе стимулирования (понуждения) к заключению и исполнению целевых соглашений (основные используемые схемы включают: субсидии на экономию 1 тут энергии, налоговые льготы, льготы по тарифам на электроэнергию и др.);
- разработать нормативную базу, регулиующую порядок заключения и исполнения целевых соглашений с максимальным учетом факторов успеха реализации целевых соглашений.

7

# Транспорт

## 7.1 Целевые индикаторы

Целевые индикаторы (KPI) для сектора «транспорт» ограничены автомобильным транспортом, который доминирует в выбросах CO<sub>2</sub>. Они определены для сценария 4D с помощью «облака» моделей ЦЭНЭФ-XXI и включают 13 показателей<sup>73</sup> (табл. 7.1 и табл. 7.2). Реализация этих целей позволяет достичь углеродной нейтральности к 2060 году.

Таблица 7.1 Целевые индикаторы для транспорта

	2021	2030		2040	2050	2060	
Потребление конечной энергии, млн тунт	135	101	х0,7	79	58	42	х0,3
Доля электроэнергии в потреблении конечной энергии	8%	9%	х1,1	15%	23%	38%	х4,8
Выбросы CO <sub>2</sub> , млн т	236	172	х0,7	125	81	46	х0,2
Грузооборот, млрд т-км	5701	5107	х0,9	4882	4083	3492	х0,6
Пассажирооборот, млрд пасс-км	1327	1198	х0,9	1238	1241	1194	х0,9
Доля автотранспорта в грузообороте	5%	5%	х1,5	4%	5%	5%	х3
Доля автотранспорта в пассажирообороте	51%	46%	х0,8	41%	37%	32%	х0,6
Парк легковых автомобилей, млн шт.	50	41	х0,9	37	32	27	х0,5
Доля электромобилей	0,03%	6%	х200	22%	37%	53%	х1767
Парк автобусов, тыс. шт.	844	760	х0,9	797	811	792	х0,9

<sup>73</sup> Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglерodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

	2021	2030		2040	2050	2060	
Доля электробусов	0,003%	4%	x13 00	26%	56%	74%	x26 667
Емкость электро- батарей для автомобильного транспорта, ГВт-ч	2	128	x64	410	637	765	x 383
Число зарядных станций (10 зарядных точек-портов на 1 станцию)	208	25473	x0,9	54845	61363	76049	x0,9

Источник: Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglерodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

Таблица 7.2 Среднегодовые вводы мощностей на транспорте

	2015-2022	2023-2030		2031-2040	2041-2050	2051-2060	
Прирост парка электромобилей, тыс. шт.	2	247	x 124	548	412	236	x 247*
Прирост парка электробусов, тыс. шт.	0,02	3	x60	17	22	10	x94*
Прирост потребности в батареях, ГВт-ч	0,3	18,0	x60	28,2	22,7	12,7	x94*
Прирост числа зарядных станций (10 зарядных точек- портов на 1 станцию)	1070	2526	x2,5	2937	651	1468	x3*

\* максимальное значение за одно из десятилетий.

Источник: Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglерodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

## 7.2 Дорожная карта

Целесообразно разработать и запустить Национальный мегапроект по развитию электротранспорта. Распоряжением Правительства РФ от 23 августа 2021 г. № 2290-р были утверждены:

- Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года (далее – Концепция);
- целевые показатели по производству электрического автомобильного транспорта и развитию зарядной инфраструктуры на период до 2030 года;
- план мероприятий («дорожная карта») по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2024 года.

Электрификация автомобильного транспорта развивается динамично, а решения необходимо принимать с прицелом на более длительную перспективу. Ниже представлена укрупненная дорожная карта для автомобильного транспорта (табл. 7.3). В ней выделены три направления: производство электромобилей; тяговых батарей и электрозаправочных станций (ЭЗС). Для каждой из них даны по две таблицы. Первая отражает наполнение каждой из пяти опор для обеспечения устойчивого и эффективного процесса снижения выбросов ПГ. Вторая дает некоторую детализацию и разнесение мер во времени.

Таблица 7.3 Дорожная карта для электрификации автомобильного транспорта





## Электромобили



Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Формирование цепочек поставок для производства ЭМ, позволяющих повысить уровни локализации производства ЭМ и электробусов до 50% к 2030 г. Пуск новых заводов по производству ЭМ и электробусов. Снижение стоимости производства электротранспорта за счет масштабирования его производства и обучения.	Формирование широкой линейки моделей электромобилей (ЭМ) для разных групп потребителей. Разработка «северного» варианта ЭМ. Увеличение пробега на одной зарядке. Повышение уровня локализации до 70-90%. Существенное снижение стоимости ЭМ. Строительство заводов по производству экологичных автомобильных шин, экологичного пластика, компонентов автомобиля из экологичной резины.
<b>Нормативная база</b>	Подготовка и запуск Национального мегaproекта по развитию электротранспорта. Принятие необходимых поправок к «Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в РФ на период до 2030 года» и в План мероприятий («дорожную карту») по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года, включая положения о предоставлении субсидии до 2030 г. с расширением их действия для приобретения электромобиля за наличный расчёт. Использование выделенных полос для экологичного транспорта.	Актуализация нормативно-правовой базы. Разработка новых программ, направленных на развитие электротранспорта, стимулирование замены автомобилей с ДВС на электромобили. Введение механизмов с ценой на углерод для моторного топлива. Введение требований по минимальной доле ЭМ в выпуске и продажах автомобилей и в приобретении автомобилей в целях использования для государственных и муниципальных нужд, такси и каршеринга.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Субсидии на покупку электромобиля в размере 35% от его стоимости, но не более 925 000 руб., с индексацией потолка выплаты до 2030 г. Продление действия бесплатной парковки для электромобилей. Снижение стоимости ОСАГО для электромобилей. Субсидирование агрегаторов такси и каршеринга для перехода на электромобили. Отмена платы за проезд по платным дорогам на электромобилях до 2030 года. Лыготное кредитование и субсидирование строительства заводов по производству электромобилей и их компонентов.	Субсидии на замену автомобиля с ДВС на электромобиль. Схемы субсидирования для отдельных групп малообеспеченных семей. Снижение ставки утилизационного сбора на электромобили. Проведение необходимого анализа и продление некоторых мер стимулирования, действовавших до 2030 года. Госзакупки ЭМ. Целевые соглашения с автопроизводителями по достижению целевых индикаторов дорожных карт. Стимулирование экспорта ЭМ.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Минпромторг, Минэкономразвития, Минтранс, Росавтодор, Росстандарт, органы власти субъектов РФ. Реализация политики: Ассоциация «Объединение автопроизводителей России» (ОАР); РАВИ; автомобильные концерны. Разработка новых технологий и подготовка кадров: Научные центры и НИИ, проектные организации, МАДИ, другие вузы и корпоративные образовательные центры.	
<b>Человеческий капитал</b>	Подготовка инженерного состава, специалистов и рабочих, способных производить 250-550 тыс. ЭМ в год и обеспечивать техническое обслуживание 2-3 млн ЭМ к 2030 г. и 10-15 млн ЭМ к 2060 г. Подготовка управленческих кадров Минпромторга, Минэкономразвития, Минтранса, Росавтодора, Росстандарта, ГИБДД, органов власти субъектов РФ и муниципальных образований. Создание центров передового опыта, научно-промышленных центров. Увеличение числа подготовленных студентов и специалистов в вузах и корпоративных университетах в 10 раз к 2030 г. и в 30 раз к 2060 г. Запуск маркетинговых кампаний «Автомобиль с нулевыми выбросами».	



## Батареи



## Батареи

Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Строительство новых заводов по производству батарей, водородных топливных элементов, катодных и анодных материалов. Повышение уровня локализации производства батарей. Проведение НИОКР для создания батарей с высоким уровнем безопасности и высокой емкостью и плотностью заряда, малым временем и большим числом циклов зарядки, разработка облегченных материалов для корпусов батарей на основе стекловолокна, углеродных волокон, новых пластмасс, высокопрочных сталей для обеспечения высоких параметров прочности при снижении веса.	Запуск производства сверхвысокопроизводительных, долговечных, безопасных, с высокой степенью утилизации и доступных по цене батарей. Повышение пробега ЭМ на одном заряде батареи за пределы 1000 км. Создание системы экологичной утилизации батарей. Использование новых химических материалов - постлитиевые, твердотельные, кремниевые, натриевые и др. батареи 4-го и 5-го поколения. Снижение времени зарядки до 10 мин.
<b>Нормативная база (законы, стратегии, постановления, программы)</b>	Принятие необходимых поправок к: Дорожной карте «Технологии создания систем накопления электроэнергии, включая портативные» и к Плану мероприятий ("дорожной карте") по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. Принятие постановления о правилах предоставления субсидий на софинансирование части затрат на организацию производства батарей, водородных топливных элементов, катодных и анодных материалов для электромобилей.	Разработка программ и дорожных карт, направленных на производство и применение батарей 4-го и 5-го поколений. Разработка «паспорта батареи» для отслеживания происхождения компонентов и более точного определения уровня локализации. Принятие НПА по требованиям к утилизации батарей и повторному использованию материалов. НПА по соблюдению экологических требований по всей цепочке производства батарей.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Заключение специальных инвестиционных контрактов по созданию на территории Российской Федерации производств ячеек для батарей. Стимулирование разведки редких металлов. Льготное кредитование и субсидии для создания мощностей по добыче лития, кобальта, марганца, никеля, графита, других материалов, по производству батарей, водородных топливных элементов, катодных и анодных материалов.	Стимулирование сначала НИОКР, а затем и производства батарей 4-го и 5-го поколения. Стимулирование схем максимального повторного использования материалов и экологически безопасной утилизации батарей. Стимулирование экспорта батарей.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Минпромторг, Минэкономразвития, Минтранс, Минэнерго, Минфин, Росавтодор, Росстандарт, органы власти субъектов РФ. Реализация политики: Госкорпорация ООО «Рэнера», Национальная ассоциация производителей источников тока "РУСБАТ" (Ассоциация "РУСБАТ"), РАВИ, корпорации – производители батарей. Разработка новых технологий и подготовка кадров: Научные центры и НИИ, проектные организации, вузы и корпоративные образовательные центры.	
<b>Человеческий капитал</b>	Подготовка и переподготовка на базе вузов и корпоративных университетов инженерного состава, специалистов и рабочих, способных ежегодно производить батареи емкостью 10-30 кВт·ч и обслуживать парк батарей емкостью более 100 кВт·ч к 2030 г. и более 750 кВт·ч к 2060 г. Подготовка управленческих кадров Минпромторга, Минэкономразвития, Минтранса, Минэнерго, Минфина, Росавтодора, Росстандарта, органов власти субъектов РФ. Создание центров передового опыта, научно-промышленных центров. Увеличение числа подготовленных студентов и специалистов в вузах и корпоративных университетах в 60 раз к 2030 г. и в 300 раз к 2060 г. Подготовка кадров научных центров и НИИ. Подготовка инженерного состава, специалистов и рабочих в сфере технологий утилизации батарей.	



## Зарядные станции





## Зарядные станции



Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Увеличение количества зарядных станций (ЗЭС) в городах и на крупных автомагистралях. Установка зарядных устройств на автомобильных заправках. Доведение уровня локализации до 50%. Разработка технологий зарядки: сверхбыстрой, ультрабыстрой, беспроводной, двунаправленной, интегрированных с ВИЭ. Разработка концепций интеллектуальной инфраструктуры зарядки и станций замены аккумуляторов.	Насыщение потребности в ЗЭС. Доведение уровня локализации до 90%. Масштабное строительство систем сверх- и ультрабыстрой зарядки, беспроводной, двунаправленной, интегрированной с ВИЭ. Создание интеллектуальной инфраструктуры зарядки. Строительство станций замены аккумуляторов. Масштабная установка зарядных устройств вблизи МКД и на ведомственных парковках.
<b>Нормативная база (законы, стратегии, постановления, программы)</b>	Внесение изменений в НПА по обязательному оснащению АЗС зарядными станциями для ЭМ. Упрощение процедур установки зарядных устройств на закрытых и открытых паркингах МКД. Запуск программы «Электрокоридор» - расширение сети дорог с ЗЭС не более чем через каждые 80-100 км. Регулирование тарифных схем для зарядки ЭМ. Регулирование установки зарядных портов на АЗС.	Разработка новых программ, направленных на дальнейшее развитие сети ЗЭС. Введение положений, обязывающих застройщиков предусматривать зарядные устройства на подземных и наземных паркингах новых МКД и корпоративных паркингах. Регулирование процедур установки «быстрых» и ультрабыстрых, беспроводных, двунаправленных ЗЭС и интегрированных с ВИЭ. Регулирование тарифных схем для зарядки ЭМ при использовании новых технологий.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Увеличение числа бесплатных государственных ЗЭС. Стимулирующие тарифные схемы стоимости услуг по зарядке ЭМ. Механизм софинансирования затрат на строительство ЗЭС на конкурсной основе.	Разработка схем субсидирования и тарифообразования новых технологий ЗЭС: сверх- и ультрабыстрой зарядки, беспроводной, двунаправленной, интегрированной с ВИЭ. Разработка тарифных схем для ЗЭС, расположенных на подземных и наземных паркингах новых МКД и корпоративных паркингах для выравнивания графика электрической нагрузки.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Минпромторг, Минэкономразвития, Минтранс, Минэнерго, Минфин, Росавтодор, Росстандарт, органы власти субъектов РФ и муниципальных образований. Реализация политики: Ассоциация развития электротранспорта, корпорации – производители ЗЭС. Разработка новых технологий и подготовка кадров: Научные центры и НИИ, проектные организации, ВУЗы и корпоративные образовательные центры.	
<b>Человеческий капитал</b>	Подготовка инженерного состава, специалистов и рабочих, способных строить 1-3 тыс. ЗЭС в год и эксплуатировать 25 тыс. ЗЭС к 2030 г. и более 75 тыс. к 2060 г. Подготовка управленческих кадров Минпромторга, Минэкономразвития, Минтранса, Минэнерго, Минфина, Росавтодора, Росстандарта, органов власти субъектов РФ и муниципальных образований. Создание центров передового опыта, научно-промышленных центров. Увеличение числа подготовленных студентов и специалистов в вузах и корпоративных университетах в 10 раз к 2030 г. и в 30 раз к 2060 г.	

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

8

## Жилые здания

## 8.1 Целевые индикаторы

Постановлением Правительства РФ от 9 сентября 2023 г. № 1473 утверждена комплексная государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности».<sup>74</sup> Она не содержит целевых индикаторов повышения энергоэффективности для отдельных секторов экономики. Структурный элемент этой программы – «Повышение энергетической эффективности зданий, строений и сооружений и в сфере ЖКХ» – разрабатывает Минстрой России. В табл. 8.1 показано, какими могут быть целевые индикаторы для сектора жилых зданий. Они определены для сценария 4D с помощью «облака» моделей ЦЭНЭФ-XXI и включают 13 показателей:<sup>75</sup> потребление конечной энергии; доля электроэнергии в потреблении конечной энергии; прямые и косвенные выбросы CO<sub>2</sub>; средний расход энергии на нужды отопления; средний расход энергии на нужды ГВС; средний расход энергии на прочие нужды; доля МКД высоких классов энергоэффективности; доля МКД с энергоэффективным капитальным ремонтом; требования к снижению удельного расхода энергии по итогам капитального ремонта; доля МКД, оснащенных АУУ и АИТП; производство тепловой энергии на тепловых насосах; производство тепла на солнечных водоподогревателях и производство электроэнергии в зданиях (табл. 8.1). Реализация этих целей позволяет достичь углеродной нейтральности к 2060 году.

Таблица 8.1 Целевые индикаторы для жилых зданий

	2021	2030	2040	2050	2060		
Потребление конечной энергии, млн т	153	141	x0,9	132	126	122	x0,8
Доля электроэнергии в потреблении конечной энергии	14%	18%	x1	19%	20%	24%	x1,1
Прямые и косвенные выбросы CO <sub>2</sub> , млн т	315	240	x0,8	207	179	139	x0,4
Средний расход энергии на нужды отопления, кВт-ч/ м <sup>2</sup> /год	204	150	x0,7	129	114	94	x0,5
Средний расход энергии на нужды ГВС, кВт-ч/м <sup>2</sup> /год	34	18	x0,5	13	11	11	x0,3
Средний расход энергии на прочие нужды, кВт-ч/м <sup>2</sup> /год	66	53	x0,8	42	34	30	x0,5

<sup>74</sup> Анализ этой программы дан в: Борисов К.Б. «О новой комплексной государственной программе Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности». *Энергосбережение*. №8, 2023 и №1, 2024. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=8582](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=8582)

<sup>75</sup> Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglерodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

	2021	2030		2040	2050	2060	
Доля МКД с классами энергоэффективности А++			x4				x700
Доля МКД с энергоэффективным капитальным ремонтом	0,1%	2,0%	x20	2,0%	2,0%	2,0%	x20
Доля МКД, оснащенных АУУ и АИТП			x3				x7
Производство тепла на тепловых насосах, млн Гкал	0,2	2,6	x13	9,6	27,0	76,6	x383
Производство тепла на солнечных подогревателях, млн Гкал	0,1	2,0	x20	4,5	8,9	18,6	x186
Производство электроэнергии в зданиях, млрд кВт-ч	0,002	0,15	x75	7,6	20,6	39,5	x19750
Доля умного учета электроэнергии			x1000				x1000

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Источник: Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglerodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

## 8.2 Дорожная карта

Ниже даны три таблицы, состоящие из двух блоков. Первый отражает агрегированное наполнение пяти опор мер политики для обеспечения устойчивого и эффективного процесса перевода жилых зданий на низкоуглеродные траектории. Второй представляет некоторую детализацию с разнесением пакетов мер во времени (табл. 8.2 – 8.4).

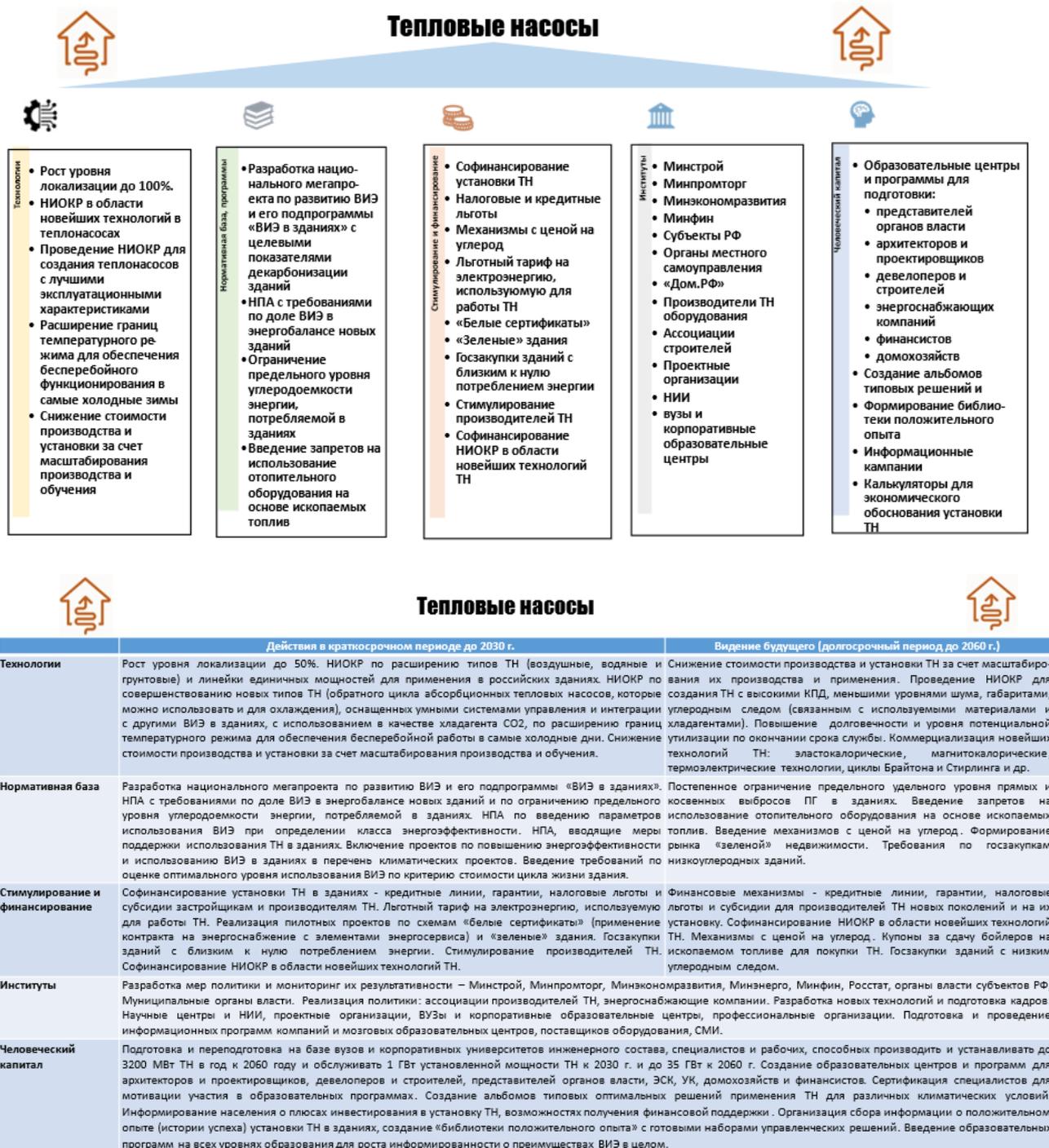
Таблица 8.2 Дорожная карта для теплоизоляции и ИТП



	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Совершенствование технологий утепления зданий, разработка и освоение новых технологий, таких как аэрогель, пенокерамика, материалы с фазовым переходом. Рост уровня локализации до 100%. Снижение стоимости производства и установки за счет масштабирования производства и обучения.	Создание собственных разработок и перевод новых технологий на высокие степени готовности. Использование долговечных, легких, перерабатываемых, экономичных в производстве и установке материалов для утепления с низким уровнем воплощенного углерода. Масштабная реализация новых технологий регулирования потребления и подачи тепловой энергии в зданиях.
<b>Нормативная база</b>	Запуск Федеральных программ «Активное строительство «пассивных» зданий» и «Глубокая и широкая реновация». Повышение требований СНиП для новых зданий по снижению удельного расхода энергии до 50% к 2030 г. Доработка Правил определения класса энергоэффективности МКД. Совершенствование нормативной базы по экспертизе и надзору за выполнением нормативных требований по энергоэффективности. Введение требований по доведению доли КР МКД до 2% в год со снижением по итогам КР удельного расхода энергии не менее чем на 30%. Введение требований по оценке оптимального уровня утепления зданий по критерию стоимости цикла жизни здания.	Повышение нормативных требований по повышению энергоэффективности при строительстве новых зданий до уровня пассивных зданий к 2060 г. Требования по проведению ЭЭ КР (2% от площади в год) со снижением по его итогам удельного расхода энергии не менее чем на 37% к 2040 г., на 50% к 2050 г. и на 60% к 2060 г. Включение проектов по повышению энергоэффективности и использованию ВИЭ в перечень климатических проектов. Требования по госзакупкам низкоуглеродных зданий.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Налоговые льготы для застройщиков, достигающих целевых уровней энергоэффективности новых зданий. Софинансирование ЭЭ КР для обеспечения необходимых темпов ЭЭ КР. «Зеленая ипотека». «Белые сертификаты» для стимулирования инвестиций собственников в повышение теплозащиты. Госзакупки «зеленых» зданий и теплоизоляционных материалов. Софинансирование НИОКР.	Финансовые (кредитные линии, гарантии, налоговые льготы и субсидии) и нефинансовые стимулы для застройщиков «пассивных» зданий и производителей эффективной теплоизоляции. Налоговые льготы и другие финансовые стимулы для проектов в сфере инновационных технологий теплоизоляции. Стимулирование развития системы безопасной утилизации и переработки теплоизоляционных материалов. Софинансирование НИОКР. Госзакупки зданий с высокими уровнями ЭЭ.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Минстрой, Минпромторг, Минэкономразвития, Минэнерго, Минфин, Главгосэкспертиза, органы власти субъектов РФ, органов местного самоуправления. Реализация политики: Фонд развития территорий, ДОМ РФ, Ассоциация производителей теплоизоляции (РОСИЗОЛ, РАПЭКС, АППП, НАППАН и др.), ассоциация строителей (НОСТРОЙ и др.), энергоснабжающие компании. Разработка новых технологий и подготовка кадров: научные центры и НИИ, проектные организации, вузы и корпоративные образовательные центры, профессиональные организации. Подготовка и проведение информационных программ компаний и мозговых образовательных центров, поставщиков оборудования, СМИ.	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Минстрой, Минпромторг, Минэкономразвития, Минэнерго, Минфин, Главгосэкспертиза, органы власти субъектов РФ, органов местного самоуправления. Реализация политики: Фонд развития территорий, ДОМ РФ, Ассоциация производителей теплоизоляции (РОСИЗОЛ, РАПЭКС, АППП, НАППАН и др.), ассоциация строителей (НОСТРОЙ и др.), энергоснабжающие компании. Разработка новых технологий и подготовка кадров: научные центры и НИИ, проектные организации, вузы и корпоративные образовательные центры, профессиональные организации. Подготовка и проведение информационных программ компаний и мозговых образовательных центров, поставщиков оборудования, СМИ.
<b>Человеческий капитал</b>	Создание образовательных центров и программ для: архитекторов проектировщиков, девелоперов строителей, представителей органов власти, ЭСК, УК, домохозяйств, финансистов. Сертификация специалистов для мотивации участия в образовательных программах. Создание альбомов типовых решений в теплоизоляции для зеленого строительства и для ЭЭ КР. Информирование населения о плюсах проживания в «зеленых» зданиях и инвестирования в ЭЭ КР. Развитие системы статистического наблюдения за уровнями эффективности использования энергии в жилых зданиях, в частности, совершенствование практики ведения энергопаспорта здания. Проведение бенчмаркинга зданий по уровню энергоэффективности. Информирование жителей о рейтинге МКД и о потенциале энергосбережения. Стимулирование потенциальных покупателей/арендаторов к использованию информации по уровню энергоэффективности при выборе жилья. Интегрированная система мониторинга системы бенчмаркинга для принятия решения о необходимости проведения ЭЭ КР. Совершенствование методов оценки стоимости цикла жизни здания. Введение образовательных программ и систем подготовки кадров по строительству зданий с низким потреблением энергии и по глубокому КР зданий. Разработки использования калькуляторов для отбора уровней эффективного утепления зданий.	Создание образовательных центров и программ для: архитекторов проектировщиков, девелоперов строителей, представителей органов власти, ЭСК, УК, домохозяйств, финансистов. Сертификация специалистов для мотивации участия в образовательных программах. Создание альбомов типовых решений в теплоизоляции для зеленого строительства и для ЭЭ КР. Информирование населения о плюсах проживания в «зеленых» зданиях и инвестирования в ЭЭ КР. Развитие системы статистического наблюдения за уровнями эффективности использования энергии в жилых зданиях, в частности, совершенствование практики ведения энергопаспорта здания. Проведение бенчмаркинга зданий по уровню энергоэффективности. Информирование жителей о рейтинге МКД и о потенциале энергосбережения. Стимулирование потенциальных покупателей/арендаторов к использованию информации по уровню энергоэффективности при выборе жилья. Интегрированная система мониторинга системы бенчмаркинга для принятия решения о необходимости проведения ЭЭ КР. Совершенствование методов оценки стоимости цикла жизни здания. Введение образовательных программ и систем подготовки кадров по строительству зданий с низким потреблением энергии и по глубокому КР зданий. Разработки использования калькуляторов для отбора уровней эффективного утепления зданий.

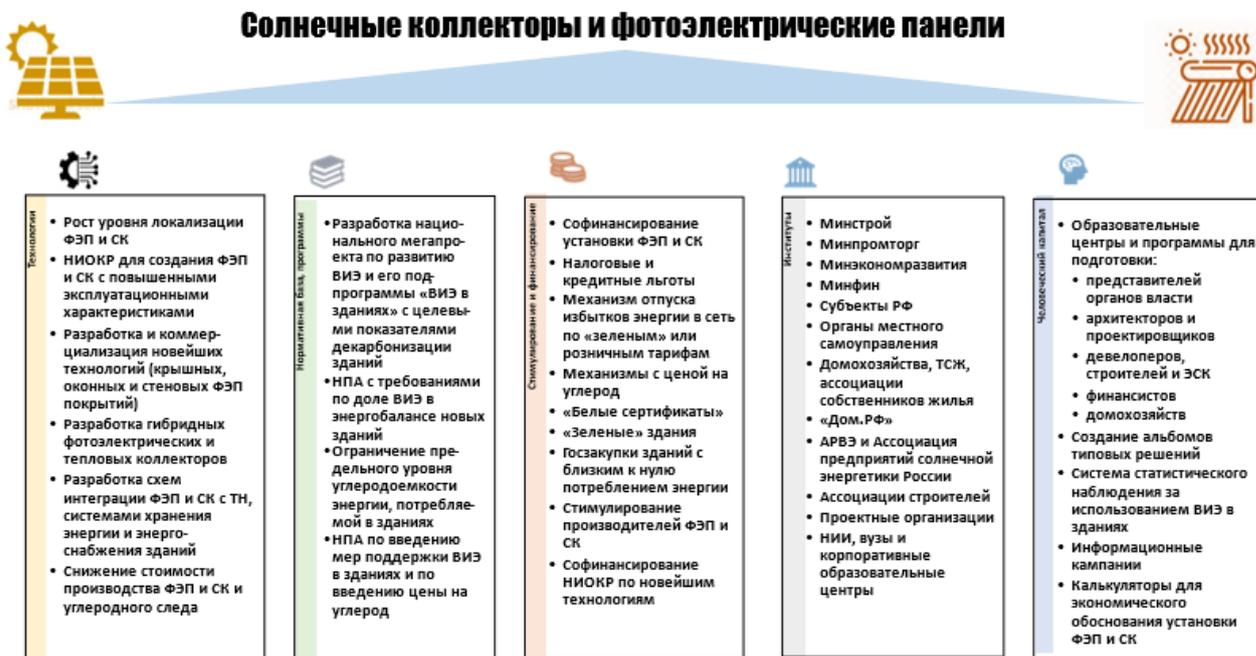
Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 8.3 Дорожная карта для тепловых насосов



Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

**Таблица 8.4 Дорожная карта для солнечных коллекторов и фотоэлектрических панелей**



**Солнечные коллекторы и фотоэлектрические панели**

	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Повышение уровня локализации до 40% для СК и до 80% для ФЭП. Локализация производства абсорберов. Разработка новых технологий СК с использованием нанодобавок и новых сплавов. Развитие технологий хранения теплоэнергии (расплава солей, сплава на границе растворимости, термохимических и др.). Разработка новых технологий ФЭП (TOPCon с кремниевыми гетеропереходами, Back Contact, на базе квантовых колодцев, неорганических пленок, органических солнечных элементов, плазмоника, термофотовольтаика и др. Повышение сроков службы и параметров безопасности при снижении стоимости.	Дальнейшее повышение уровня локализации для существующих технологий ФЭП и СК до 90-100%. Коммерциализация и масштабирование использования новых технологий ФЭП (крышных, оконных и стеновых ФЭП покрытий) и СК. Разработка и использование гибридных фотоэлектрических и тепловых коллекторов. Интеграция ФЭП и СК с ТН, системами хранения энергии и с системами энергообеспечения «умных» зданий. Формирование виртуальных распределенных электростанций, микросетей и их интеграция с общесетевыми системами энергообеспечения.
<b>Нормативная база</b>	Разработка национального мегапроекта по развитию ВИЭ и его подпрограммы «ВИЭ в зданиях». НПА с целевыми показателями развития микрогенерации и по ограничению предельного уровня углеродоемкости в зданиях. НПА по учету ВИЭ при определении класса энергосберегающих зданий. НПА по обязательной доле покрытия потребности здания за счет ВИЭ. НПА, вводящие меры поддержки использования ВИЭ в зданиях. Требование к сетевым и энергосбытовым компаниям: разработать ТУ для подключения объектов микрогенерации на ВИЭ к сетям общего пользования; заключать договоры купли-продажи излишков электроэнергии от микрогенерации на ВИЭ; организовать учет по балансу потребления и отпуска в сеть электроэнергии. Включение проектов по повышению ЭЭ и использованию ВИЭ в зданиях в перечень климатических проектов. Введение требований по оценке оптимального уровня использования ВИЭ по критерию стоимости цикла жизни здания.	Повышение в НПА амбициозности по целевым показателям развития микрогенерации и по ограничению предельного уровня углеродоемкости энергии потребляемой в зданиях. Введение нормативных требований по использованию ВИЭ в новых и капитально отремонтированных зданиях в регионах с большим потенциалом использования ВИЭ. Требования по госзакупкам низкоуглеродных зданий. Запрет использования оборудования для отопления и ГВС на основе ископаемых топлив в регионах с большим потенциалом использования ВИЭ. НПА, вводящие меры поддержки использования ВИЭ в зданиях для новейших технологий. НПА для запуска схемы «белые сертификаты» для введения механизмов с ценой на углерод, для формирования рынка «зеленой» недвижимости.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Софинансирование установки ФЭП и СК в зданиях - кредитные линии, гарантии, налоговые льготы и субсидии застройщикам и производителям ФЭП и СК. «Зеленый» тариф на отпуск излишков электроэнергии в общую сеть. Пилотные проекты по схеме «белые сертификаты» (применение контракта на энергообеспечение с элементами энергосервиса).	Финансовые механизмы - кредитные линии, гарантии, налоговые льготы и субсидии для производителей ФЭП и СК новых поколений. Механизмы с ценой на углерод. Стимулирование развития системы безопасной утилизации и переработки коллекторов, панелей, элементов систем хранения. Масштабный запуск проектов по схемам «белые сертификаты» (применение контракта на энергообеспечение с элементами энергосервиса) и «зеленые» здания. Госзакупки зданий с близким к нулю потреблением энергии или выбросами ПГ. Софинансирование НИОКР в области новейших технологий ФЭП и СК. Госзакупки зданий с низким углеродным следом.
<b>Институты</b>	Разработка мер политики и мониторинг их результативности – Минстрой, Минпромторг, Минэкономразвития, Минэнерго, Минфин, органы власти субъектов РФ, муниципальные органы власти. Реализация политики Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) и Ассоциация предприятий солнечной энергетики России, институты развития («Дом.РФ» и др.), энергоснабжающие компании. Разработка новых технологий и подготовка кадров: научные центры и НИИ, проектные организации, вузы и корпоративные образовательные центры, профессиональные организации. Подготовка и проведение информационных программ и кампаний: мозговые и образовательные центры, поставщики оборудования, СМИ.	
<b>Человеческий капитал</b>	Подготовка и переподготовка на базе вузов и корпоративных университетов инженерного состава, специалистов и рабочих, способных производить и устанавливать ФЭП мощностью до 3,8 кВт и СК до 1,8 кВт в год к 2060 г. Создание системы образовательных центров и программ для архитекторов и проектировщиков, девелоперов и строителей, представителей органов власти, энергоснабжающих компаний, ЭСК, УК, домохозяйств и финансистов. Сертификация специалистов для мотивации участия в образовательных программах. Создание альбомов типовых решений интегрирования ВИЭ в системы энергообеспечения зданий для нового строительства и для ЭЭ КР в различных типах зданий и климатических условиях. Организация сбора статистической информации масштабах использования ВИЭ в зданиях. Введение в школьные курсы занятий о роли ВИЭ в энергообеспечении зданий.	

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Предлагается запустить две федеральные программы: «Активное строительство «пассивных» зданий» и «Глубокая и широкая реновация» с постепенным повышением требований по теплозащите зданий до уровня «пассивного здания» и повышением доли МКД, на которых реализуется глубокий капитальный ремонт со значительным снижением удельных расходов энергии. Необходимо совершенствование практики экспертизы проектной документации и надзора за выполнением нормативных требований по энергоэффективности. Доля вновь возводимых зданий, соответствующих нормативным требованиям к параметрам энергоэффективности, в масштабе всей страны неясна. Система контроля работает сравнительно эффективно в отношении многоквартирных МКД, но она практически не охватывает малоэтажные МКД и индивидуальные жилые здания.

Действующие Правила определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов необходимо существенно доработать, обеспечив снижение базового уровня расхода за счет корректировки значений потребления теплоэнергии на нужды ГВС.

Ни Федеральная целевая программа «Жилище», ни принятая в 2022 году Комплексная государственная программа РФ «Строительство» не включают задач по проведению энергоэффективного капитального ремонта. Необходимо зафиксировать на законодательном уровне требования по проведению энергоэффективного капремонта (далее – ЭЭ КР) – не менее 7500 МКД в год до 2035 года и далее 2% от площади жилого фонда в год. Результаты проведения ЭЭ КР (минимальные показатели экономии) должны быть регламентированы (не менее 30% на период до 2045 года, далее – не менее 40%), как и минимальный перечень необходимых мероприятий, включая утепление оболочки здания. Механизм, заложенный в Постановлении Правительства РФ от 17.01.2017 № 18 (ред. от 21.12.2020) «Об утверждении Правил предоставления финансовой поддержки за счет средств государственной корпорации – Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства на проведение капитального ремонта многоквартирных домов» опробован, отлажен, показал свою работоспособность, но после исчерпания скудного бюджета программы заброшен на полку.

В 2022 году организацией ДОМ.РФ разработан ГОСТ Р 70346 «Здания многоквартирные жилые «зеленые», который представляет собой перечень конкретных критериев в области «зеленого» строительства для строительства и эксплуатации «зеленых» МКД. Критерии могут добровольно использоваться для оценки проектов нового строительства и получения рейтинга «зеленого» здания. ДОМ.РФ выражает надежду, что «при поддержке Правительства РФ ГОСТ Р может стать механизмом для внедрения «зеленых» финансовых продуктов для всех участников рынка недвижимости». В частности, речь идет о зеленых ипотечных облигациях, зеленой ипотеке и зеленом проектном финансировании.

*Governments lead by example* – часто встречающаяся в зарубежных дорожных картах фраза. Предполагается, что принадлежащие государству здания должны быть флагманами на пути к целевым индикаторам сектора зданий. «Зеленые» закупки – это пример для других компаний как частного сектора, так и государственных ведомств. Также это относится и к энергоэффективному капремонту: программы по глубокому ЭЭ КР бюджетных зданий, помимо собственно результата в виде экономии энергии, стимулируют другие компании «примером».

Население должно быть информировано о плюсах проживания в энергоэффективных и «зеленых» зданиях и понимать, к каким программам стимулирования имеет доступ, как и кто может помочь получить финансирование. Жители должны иметь доступ к информации о рейтинге МКД на основе бенчмаркинга по энергоэффективности, о потенциале экономии затрат на энергоснабжение.

9

## Водород

## 9.1 Целевые индикаторы

Целевые индикаторы развития водородной энергетики в последние годы были пересмотрены в сторону понижения.<sup>76</sup> В 2022 году был подготовлен Проект Комплексной программы развития отрасли низкоуглеродной водородной энергетики в Российской Федерации на период до 2050 года. В соответствии с ним ставились цели к 2050 году довести долю водорода в конечном энергопотреблении РФ до 2-5% и за счет этого снизить выбросы ПГ на 18 млн тСО<sub>2</sub>экв. в год.<sup>77</sup>

Положения Концепции водородной энергетики России декларируют создание минимум четырех территориальных производственных водородных кластеров в целях комплексного развития водородной энергетики, включая генерацию ВИЭ, электролиз, производство, хранение и транспортировку водорода:

- Северо-Западный кластер с ориентацией на экспорт в страны Евросоюза.
- Восточный кластер с ориентацией на экспорт в Азию и развитие водородных инфраструктур в сфере транспорта и энергетики.
- Арктический кластер с ориентацией на создание низкоуглеродных систем энергоснабжения территорий Арктической зоны РФ и экспорт водорода.
- Дополнительно может быть создан Южный кластер, который в качестве источника энергии и ресурсов будет базироваться на природном газе и ВИЭ.

Однако в Концепции и Дорожных картах отсутствуют актуальные целевые показатели, направленные на декарбонизацию производства водорода. Необходимо создать отдельный ИТС по водородной энергетике с низкоуглеродными технологиями и оборудованием, данные по которым приведены в таблице, в частности, разные виды электролизеров, системы для хранения и транспортировки водорода.

Приведенные ниже целевые индикаторы при производстве водорода определены с помощью «облака» моделей ЦЭНЭФ-XXI и включают 8 показателей<sup>78</sup> (табл. 9.1). Для достижения полной декарбонизации производства водорода к 2060 году предполагается создать серийное производство электролизеров промышленного назначения; развить масштабное производство оборудования для производства «зеленого» водорода, его транспорта и хранения с постепенным повышением уровней локализации; развернуть производство водородных топливных элементов (ячеек) нового поколения.

<sup>76</sup> Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России: нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglerodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

<sup>77</sup> Проект. КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ развития отрасли низкоуглеродной водородной энергетики в Российской Федерации на период до 2050 года. [0\\_QtAQRTQe1F8hvStYtGbWjMrFkmBkyWjt.pdf](https://bigpowernews.ru/0_QtAQRTQe1F8hvStYtGbWjMrFkmBkyWjt.pdf) ([bigpowernews.ru](https://bigpowernews.ru)).

<sup>78</sup> Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России: нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglerodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

Таблица 9.1 Целевые индикаторы для водорода

	2021	2030	2040	2050	2060	
Производство водорода	174	366	659	974	1289	x7,4
						
Производство «голубого водорода»*	174	358	630	888	1010	x5,8
						
Производство «бирюзового водорода»		4	8	19	37	
						
Производство «желтого водорода»		4	9	22	55	
						
Производство «зеленого водорода»		4	12	45	186	
						
Доля CCUS для «голубого водорода»						
Экспорт		123	312	500	688	
ПВЖ и ГБЖ		0	64,5	149	159	
Нефтепереработка	174	172	174	172	127	x0,7

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

## 9.2 Дорожная карта

Мероприятия по развитию водородной энергетики до 2030 года описаны в «Дорожной карте» развития высокотехнологичного направления «Водородная энергетика» на период до 2030 г., созданной в 2023 году Правительством РФ совместно с ПАО «Газпром» и ГК «Росатом». На перспективу до 2050 года они обозначены в Концепции развития водородной энергетики, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 05.08.2021 № 2162-Р, а более подробно – в Проекте *Комплексной программы развития отрасли низкоуглеродной водородной энергетики в Российской Федерации до 2050 года*. Многие из этих мер учтены в дорожной карте (см. ниже), в которой представлены две таблицы. Первая отражает наполнение опорных мер политики для обеспечения устойчивого и эффективного процесса низкоуглеродного развития при производстве водорода, вторая дает детализацию мер и их разнесение во времени (табл. 9.2).

Таблица 9.2 Дорожная карта для производства водорода



**Водород**

Показатель	Действия в краткосрочном периоде до 2030 г.	Видение будущего (долгосрочный период до 2060 г.)
<b>Технологии</b>	Создание отечественных низкоуглеродных технологий производства водорода, создание первых водородных кластеров и реализация пилотных проектов производства низкоуглеродного водорода. Серийное производство электролизеров и другого оборудования для водородной энергетики с доведением уровня локализации производства до 80%. НИОКР по созданию и повышению уровня локализации конкурентоспособных технологий производства и использования водорода в чёрной металлургии, химической промышленности, на транспорте. Создание технологии подмеса водорода в газовые сети. Формирование надёжных технологических цепочек поставок	Организация и масштабирование серийного производства электролизеров гигаваттного масштаба с высокими уровнями локализации. Организация полномасштабного производства оборудования, а также создание инфраструктуры для безопасного производства, транспорта и хранения водорода и водородосодержащих продуктов с постепенным повышением уровней локализации. Запуск региональных водородных кластеров (хабов) и первых крупных проектов в промышленности. Развертывание производства водородных топливных элементов (ячеек) нового поколения. Освоение технологий производства и применения водорода в качестве накопителя энергии.
<b>Нормативная база</b>	Принятие НПА, определяющих параметры безопасности, систему стандартизации и сертификации водорода и получаемых на его основе топлив; методику оценки углеродного следа, гармонизированную с зарубежными системами; механизмы господдержки водородных технологий. Принятие НПА по определению квот на выбросы ПГ и по схемам введения цены на углерод. Принятие НПА по формированию Долгосрочных целевых соглашений и Планов по декарбонизации и поддержке производителей водородных технологий с высокими уровнями локализации для стимулирования спроса на внутреннем рынке.	Принятие НПА по масштабному развитию водородной инфраструктуры, по госзакупкам материалов с низким углеродным следом и поддержке производителей водородного оборудования с высокими уровнями локализации, по запуску механизмов ценой на углерод, способам ее учета при экспорте водорода и водородосодержащих продуктов, выдаче комплексных разрешений. Внесение поправок в НПА по заключению и реализации Долгосрочных целевых соглашений и Планов декарбонизации с использованием налоговых льгот. Постепенное повышение в этих НПА амбициозности в отношении масштабов использования водородных технологий и уровней локализации.
<b>Стимулирование и финансирование</b>	Распространение отрасли водородной энергетики механизмов СПИК, а также схемы, используемой для технологий с высокой энергетической эффективностью, и ресурсов Государственного Фонда развития промышленности. Стимулирование развития инфраструктуры транспорта и хранения водорода, аммиака и других носителей водорода, производства топливных элементов. Введение дополнительных инструментов господдержки. Софинансирование пилотных проектов и НИОКР.	Предоставление льгот по налогам и кредитам для производства водорода, электролизеров и других элементов инфраструктуры по новым технологиям, а также для пилотных проектов по использованию водорода в рамках реализации Долгосрочных целевых соглашений или в рамках Планов по декарбонизации. Введение механизмов с ценой на углерод. Поддержка НИОКР по производству и использованию инновационного оборудования для водородной энергетики. Госзакупки водородного оборудования с низким углеродным следом. Использование конкурсного механизма компенсирующих контрактов на разницу между равновесной рыночной ценой спроса на водород и ценой поставщиков.
<b>Институты</b>	Формирование групп (департаментов) по водородным технологиям в Минэнерго, Минпромторге, ФГБУ «РЭА», Росстандарте, институтах развития. Расширение состава функций Межведомственной рабочей группы. Развитие «Национального союза развития водородной энергетики» за счет включения широкого перечня производителей и потребителей водородных технологий. Развитие потенциала водородных технологий НИИ, университетов, проектных организаций, инженеринговых центров.	
<b>Человеческий капитал</b>	Развитие необходимых инженерно-научных компетенций и кадрового потенциала. Подготовка и переподготовка кадров Минэнерго и Минпромторга, корпоративных кадров на базе учебных центров и университетов. Разработка специальных программ, учебных дисциплин для подготовки профильных сотрудников. Разработка систем оценки и бенчмаркинга по углеродному следу.	

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.