

# Декарбонизация экономики мира и России: ограничения, возможности, прогнозы

**Н.И. Суслов**

УДК 338.27

DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2025-2-8-30

**Аннотация.** В статье предпринята попытка аналитического обсуждения перспектив развития энергетики мира и России в контексте актуальной климатической повестки. Ретроспективный анализ за 2000–2022 г. показал, что предпринимаемые мировым сообществом и отдельными правительствами меры по декарбонизации и сокращению выбросов парниковых газов хотя и имели успех в некоторых странах, в целом оказались недостаточно результативными. Прогнозирование развития энергетики наталкивается на ряд проблем, до сих пор остающихся дискуссионными в научно-экспертном сообществе. Общий вывод – достижение чистого нулевого баланса по выбросам парниковых газов вряд ли возможно к середине текущего столетия, хотя определенного успеха в их сокращении ожидать можно. При этом Россия, безусловно, найдет свое место в новом мироустройстве.

**Ключевые слова:** изменение климата; декарбонизация; парниковые газы; энергопотребление; возобновляемые источники энергии (ВИЭ); энергетика; сценарии будущего; мировая экономика; Россия

## **Введение: история вопроса**

Взгляды мирового сообщества на важность учета климатических изменений при анализе и прогнозировании взаимодействия природных и социально-экономических систем стали заметно меняться, начиная с последней трети XXв. Довольно быстро пришло понимание, что такими изменениями нужно управлять, и желательно – в рамках скоординированных действий на глобальном уровне. Девятого мая 1992 г. ООН приняла Рамочную конвенцию по изменению климата<sup>1</sup>, цель которой «...заключается в том, чтобы добиться стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему». В 1997 г. в дополнение к документам Рамочного соглашения был принят Киотский протокол, вступивший в силу в 2008 г. и так или иначе действовавший до 2020 г. В его рамках страны мира приняли обязательства по сокращению эмиссии парниковых газов, выражавшиеся в процентных показателях.

Качественным прогрессом в осуществлении политики ограничения выбросов парниковых газов стало принятие 12 декабря 2015 г. Парижского соглашения о мерах по борьбе с изменением климата (в силу оно вступило примерно через год

<sup>1</sup> Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата. URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/climate\\_framework\\_conv.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml)

после этой даты). На этот раз цель была сформулирована в терминах температурных режимов: не допустить роста среднемировой температуры к концу текущего столетия более чем на 2 °С и направить усилия на поиск возможностей ограничить ее рост уровнем в 1,5 °С<sup>2</sup>. Исходя из этих целевых установок брались обязательства по снижению выбросов парниковых газов, переходу на возобновляемые источники энергии и реализации адаптационных мероприятий, например, организация поглощения и захоронения углерода. К настоящему времени к соглашению присоединились почти 200 стран мира (не вполне однозначную позицию в отношении этой инициативы из крупных стран занимают только США. В частности, недавно избранный президент Д. Трамп в очередной раз анонсировал выход страны из Парижского соглашения)<sup>3</sup>.

### **Энергопотребление и выбросы парниковых газов: связь очевидна? Почти.**

В XXI столетии минеральное топливо – нефть, газ и уголь – прочно удерживали лидирующие позиции в расходной части мирового топливно-энергетического баланса: их доля в общем потреблении колебалась вокруг 85% (табл. 1). Доля угля даже немного росла – за счет менее развитых стран, использующих уголь в больших масштабах, чем развитые, и растущих быстрее них. Происходило видимое замещение нефти газом, как наименее «вредным» для окружающей среды топливом. В энергетике рост генерации осуществлялся главным образом на газовых мощностях, тогда как доля мощностей, работающих на нефтяном топливе, сокращалась. Но главный вклад в снижение доли нефти в энергобалансе обеспечил переход транспорта на более чистое моторное топливо, благодаря усовершенствованию моторов и использованию легких композитных материалов для изготовления транспортных средств. Бензин и дизельное топливо на транспорте также в некоторой степени замещались газом и электроэнергией, в первую очередь – в городах.

Если же говорить не о структуре, а о масштабах потребления энерго-ресурсов, они заметно выросли – вместе с масштабами мирового производства, хотя и не так сильно, как последние. Так, общий объем потребления энергии с 2000 по 2022 г. увеличился на 48,2% при приросте мирового ВВП на 85,6%, что обусловило снижение энергоемкости выпуска более чем на 20%, т.е. на –1,0% в год. Эти темпы примерно соответствуют тем, которые превалировали в последнюю треть XX в.: с 1973 г. – начала энергетического кризиса – и до 2000 г.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Sutter, John D.; Berlinger, Joshua Final draft of climate deal formally accepted in Paris. CNN. Cable News Network, Turner Broadcasting System, Inc. (12 декабря 2015). (дата обращения: 12.12.2015). Архивировано 12 декабря 2015 г.

<sup>3</sup> США выйдут из Парижского соглашения. URL: <https://www.rbc.ru/politics/20/01/2025/678e8bf09a79475efc26e49a?ysclid=m7h4ki4nkc984441333> (дата обращения: 23.02.2025).

<sup>4</sup> Рассчитано по данным из базы данных Всемирного банка WB WDI. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>

**Таблица 1. Структура и объем потребления первичных энергоресурсов в мире в 2000–2022 гг., % (всего энергоресурсов=100%)**

Энергоресурсы	2000	2005	2010	2015	2020	2022
Всего, млн т н.э.*	9578,2	11080,7	12227,2	13072,8	13366,5	14197,8
Минеральное топливо, всего	85,1	86,1	85,8	85,5	83,9	85,1
Углеводороды, всего	60,2	57,7	56,0	56,4	56,1	60,2
Нефтепродукты	38,6	36,4	33,8	33,5	31,3	32,1
Природный газ	21,5	21,3	22,2	22,9	24,8	24,1
Уголь	24,9	28,3	29,8	29,1	27,8	27,8
АЭС*	2,3	2,2	2,0	1,7	1,7	1,6
ГЭС*	2,4	2,3	2,4	2,6	2,8	2,6
ВИЭ**	10,2	9,5	9,8	10,2	11,6	11,8
в том числе высокотехнологичные ВИЭ***	0,1	0,2	0,6	1,1	2,0	2,6

**Примечание.** \*Рассчитано по полезной энергии.

\*\*Включает ветровые, солнечные, геотермальные источники, а также биомассу, жидкое биотопливо и биометан.

\*\*\*Включает ветровые, солнечные, геотермальные источники, а также жидкое биотопливо и биометан (без твердой биомассы).

**Источник табл. 1,2,4,5.** Рассчитано на основе данных BP Energy Outlook 2050: July 2024. URL: <http://www.bp.com/energyoutlook>

В исследуемый период в развитых экономиках использование ископаемого топлива в абсолютном выражении снижалось – за счет нефти, и особенно угля, в то время как потребление газа росло (не компенсируя, правда, общего спада). Однако в развивающихся странах, без учета Китая, произошел очень заметный рост потребления минерального топлива при лидирующей роли как раз угля, использование которого возросло почти в три раза, что отразилось и на общемировых показателях – они тоже выросли. Но и на этом фоне выделяется Китай, увеличивший использование минерального топлива почти в 3,3 раза, при этом потребление угля возросло втрое, а газа – в 15 раз. Также в 15 раз в Китае увеличилась выработка электроэнергии на АЭС, и почти в 6 раз – на ГЭС. Общий объем потребления первичных энергоресурсов в Китае в 2022 г. был почти в 3 раза больше, чем в 2000 г.<sup>5</sup> Неудивительно, ведь его ВВП за тот же период возрос в 5,9 раза!<sup>6</sup>

В мире в целом росло не только использование минерального топлива, но и первичной электроэнергии, главным образом, получаемой на ГЭС и АЭС, а также от возобновляемых источников энергии (ВИЭ). С позиции темы данной статьи последние заслуживают особого обсуждения. Прежде всего, оговоримся,

<sup>5</sup> Рассчитан на основе данных BP Energy Outlook 2050: July 2024. URL: <http://www.bp.com/energyoutlook>

<sup>6</sup> Согласно данным World Bank Development Indicators/ URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

что все их виды можно разделить на две части: традиционные, представляющие собой самозаготовки населения (древесина, сухой помет скота и пр.), и нетрадиционные, требующие использования высоких технологий преобразования солнца, ветра, геотермальной энергии, энергии волн, а также получаемые из биомассы жидкое биотопливо и биометан. Традиционное возобновляемое топливо человечество использует уже сотни тысяч лет, и даже в наши дни довольно активно, особенно в богатых растительностью районах Южной и Юго-Восточной Азии и Африки<sup>7</sup>. Нетрадиционные виды ВИЭ получили сколько-нибудь серьезное развитие уже только в XXI в. Так, их общий выпуск в 2022 г. составил 363 млн т н.э. в пересчете по полезной энергии, что в 50 раз выше, чем в 2000-м. В единицах электроэнергии это составило 4222,0 млрд кВт·ч, и это в 3,5 раза превышает электрогенерацию России в указанном году. Особенно «постарались» развитые экономики, увеличившие выпуск нетрадиционной энергии чуть более чем в 100 раз, и в 2022 г. обеспечившие 2/3 от их мирового производства. Таких результатов удалось добиться главным образом за счет реализации мер, определенных Киотским протоколом и Парижским соглашением.

В частности, в соответствии с ними началось довольно агрессивное финансирование проектов ВИЭ и связанных с ними инфраструктурных проектов. По данным МЭА, значимый рост таких инвестиций начался после 2015 г., и в период 2016–2020 гг. в среднегодовом измерении они исчислялись суммами в 2,2 трлн долл., что составляло 2,5% мирового ВВП<sup>8</sup>, или около 1/10 всех мировых инвестиций. В последующие годы вложения в указанную сферу должны расти еще быстрее и к 2030 г. для соответствия сценарию нулевых выбросов должны достичь 5 трлн долл. в год<sup>9</sup>. Одновременно для зеленой энергетики создавался режим наибольшего благоприятствования в институционально-организационном плане в рамках Green Industrial Policy<sup>10</sup>, которая включает широкий набор средств, как рыночного, так и не рыночного характера, нацеленных на повышение конкурентоспособности систем ВИЭ.

Как в этот период менялся энергобаланс России, показано в таблице 2. На первый взгляд динамика и структура потребления энергоресурсов здесь более благоприятны по сравнению со среднемировыми показателями. При примерно таком же росте ВВП (чуть более 85%) потребление энергоресурсов увеличилось лишь на 16,9%, что обусловило уменьшение энергоемкости выпуска на 38% за весь период, или на 2,2% в среднегодовом измерении, т.е. энергоэффективность росла вдвое быстрее, чем в мире в целом.

---

<sup>7</sup> Как известно, дрова используют в других регионах, но в несопоставимо меньших объемах.

<sup>8</sup> Net Zero by 2050. Available at: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> P.81.

<sup>9</sup> Там же.

<sup>10</sup> Tagliapietra S. Green industrial policy: a global perspective, 2022, Available at: [https://financing.desa.un.org/sites/default/files/2023-05/Green\\_Industrial\\_Policy\\_Final%20Paper.pdf](https://financing.desa.un.org/sites/default/files/2023-05/Green_Industrial_Policy_Final%20Paper.pdf)

**Таблица 2. Структура и объем потребления первичных энергоресурсов в России в 2000–2022 гг., % (всего энергоресурсов=100%)**

Энергоресурсы	2000	2005	2010	2015	2020	2022
Всего, млн т н.э*	580,4	601,9	630,6	637,8	647,3	678,4
Минеральное топливо, всего	95,1	94,8	95,1	94,8	93,4	94,4
Углеводороды, всего	76,1	78,6	79,9	79,4	80,1	81,7
Нефтепродукты	21,8	21,4	22,0	24,3	24,0	25,0
Природный газ	54,3	57,1	58,0	55,1	56,1	56,7
Уголь	18,9	16,3	15,2	15,4	13,3	12,7
АЭС*	2,1	2,0	2,3	2,6	3,0	2,8
ГЭС*	2,5	2,4	2,3	2,2	3,0	2,5
ВИЭ**	0,8	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7

**Примечание.** \*Рассчитано по полезной энергии.

\*\*Включает только твердую биомассу.

В структуре энергобаланса сохраняется высокая доля минерального топлива, главным образом за счет высокой и растущей доли газа, который считается наиболее «чистым» из углеводородов. Доля угля снизилась почти на треть. Доля АЭС немного возросла, а вклад ГЭС остается стабильным.

В абсолютном выражении больше всего выросло потребление нефтепродуктов – в виде моторного топлива, вслед за моторизацией растущей экономики России, повышением ее транспортной логистики, а также в связи с ростом автопарка населения, жизненный уровень которого рос (особенно быстро в 2000–2007 гг.). Использование газа тоже росло, хотя и не так быстро, как нефти: сказывался уже довольно высокий уровень газификации, достигнутый еще до распада СССР (главным образом в Европейской зоне страны). Потребление угля в абсолютных показателях снижалось – в рамках обязательств, взятых на себя Россией по Киотскому протоколу – хотя и в меньшей степени, чем в группе развитых стран мира: соответственно на 22% против 34,8%.

Доля ВИЭ в энергобалансе России значительно ниже, чем в мире в целом (сравните последние строки таблиц 1 и 2). Здесь уместно дать несколько комментариев. То, что представлено в таблице 2 – это в подавляющей своей части – традиционное древесное топливо. Что же касается нетрадиционной возобновляемой энергетики, к которой в России официально<sup>11</sup> относятся солнечные ветровые, геотермальные, приливные электростанции, биоэлектростанции на основе биогаса и свального газа, а также микро-ГЭС (мощностью до 50 МВт), то вплоть до 2018 г. их совокупная установленная мощность не превышала 2 млн кВт,

<sup>11</sup> См. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», а также Расп. Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года».

что обеспечивало 0,44% общего объема производства электроэнергии<sup>12</sup>. Лишь в последние шесть лет в стране кратно возросли вводы мощностей высокотехнологичных ВИЭ, и в результате их установленная мощность в 2024 г. достигла 6,18 млн кВт, а выработка – 13,4 млрд кВт·ч, что составило уже несколько более процента от общей выработки в стране. Прогресс для нас довольно большой, но неразличимый с позиции развитых стран.

В данном исследовании мы опираемся на систематизированные статистические данные, предоставляемые компанией BP (до 2001 г. – British Petroleum), как одни из самых детальных и вместе с тем доступных. В последние годы эти данные систематизируются в показателях объемов энергии, измеряемых в экзаджоулях, а не тоннах нефтяного эквивалента, как это было ранее. Один экзаджоуль равен 23,9 млн т н.э. Общий объем выработки всех российских нетрадиционных ВИЭ составляет лишь 1,15 млн т н.э. – величина с позиции 1 экзаджоуля, округляемая до нуля. Поэтому в настоящее время выработка российских нетрадиционных ВИЭ не влияет на статистику BP.

Следует отметить, что наиболее высокие темпы роста эффективности использования энергоресурсов Россия демонстрировала до мирового экономического кризиса. По итогам 2009 г. ВВП страны упал на 7,8%, что было наибольшим спадом среди крупных экономик, и последующее восстановление шло хуже, чем в большинстве других стран, а в 2015–2016 гг. мы получили новый негативный шок в виде обвала цен на нефть и другие энергоносители. Затем последовали пандемийный кризис 2020 г. и переход в новую геополитическую реальность с февраля 2022 г. Таким образом, если за первую пятилетку исследуемого периода среднегодовой темп снижения энергоемкости ВВП составил 5,1%, то во вторую – уже 2,5%, в третью – 1,5%, а за последние семь лет – с 2016 по 2022 гг. энергоемкость не снижалась и даже проявила тенденцию к росту<sup>13</sup>.

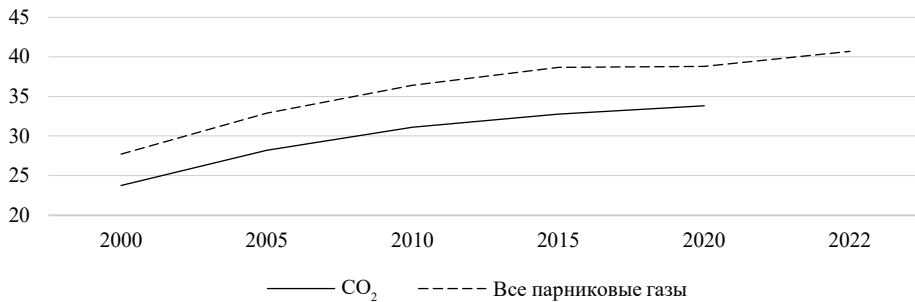
Причина сильного снижения энергоемкости в начале периода состоит в том, что тогда имел место восстановительный рост после структурного кризиса 1990-х гг.: увеличивалась нагрузка оставшихся от прежних времен производственных мощностей, быстро развивались секторы новых услуг, требовавших минимальных энергозатрат. Замедление темпов роста экономики после кризисов 2009 г. и 2015–2016 гг. вызывает у экономистов беспокойство не только по причине буксования процесса роста энергоэффективности, но и само по себе (хотя в последние два года появились признаки роста ВВП). Экономическая стагнация требует серьезных мер по ее излечению, которые мы суммировали в коллективной монографии ИЭОПП СО РАН [Новый импульс, 2023].

---

<sup>12</sup> Рынок возобновляемой энергии России. Текущий статус и перспективы развития. Информационный бюллетень АРВЭ, июль 2024 г. URL: [https://www.bigpowernews.ru/photos/0/0\\_xoFefpaiUWSjYMPxJNKyUWRUlxPGtltM.pdf](https://www.bigpowernews.ru/photos/0/0_xoFefpaiUWSjYMPxJNKyUWRUlxPGtltM.pdf) (bigpowernews.ru)

<sup>13</sup> Рассчитано по данным из базы данных Всемирного банка WB WDI. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#> и данных BP Energy Outlook 2050: July 2024. URL: <http://www.bp.com/energyoutlook>

Подводя итоги анализа динамики объемов и структуры энергопотребления в мире, укажем, что с точки зрения климатической повестки современные паттерны глобального производства и использования энергоресурсов вызывают беспокойство. Речь идет, прежде всего, о высокой углеродной составляющей мирового энергобаланса, не опускающейся ниже 85% (см. табл. 1) и особенно – о росте абсолютных показателей угольной генерации, с ее наиболее высоким уровнем выбросов CO<sub>2</sub>. С ростом угольной генерации увеличивается и эмиссия парниковых газов (рисунок).



**Источник.** Рассчитано на основе данных BP Energy Outlook 2050: September 2020 и BP Energy Outlook 2050: July 2024. URL: <http://www.bp.com/energyoutlook>

Эмиссия парниковых газов в мире в 2000–2022 гг.,  
млрд т в усл. ед. CO<sub>2</sub>-экв.

За период с 2000 по 2022 гг. общий рост объема эмиссии парниковых газов в мире составил 146,9%, при этом доля собственно углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в натуральных единицах держалась примерно на уровне 85%. Фактический объем других парниковых газов (метана, закиси азота, трифторметана, хлортрифторметана, гексафторида серы и др.) значительно меньше, однако в совокупности они вносят весомый вклад в эффект потепления атмосферы планеты Земля. Особенно, если учитывать, что все они являются гораздо более серьезными загрязнителями атмосферы и получают более высокие коэффициенты негативного воздействия, отражающие способность их молекул задерживать солнечную радиацию.

Распределение выбросов парниковых газов по группам стран заставляет акцентировать внимание еще на одной проблеме. В то время, как развитые экономики довольно успешно борются с эмиссиями парниковых газов, следуя целям, определенным Киотским протоколом и Парижским соглашением и используя введенные ими средства, другая часть мира, под обобщенным названием «развивающиеся экономики»<sup>14</sup>, продуцируют их большие объемы с сильным трендом на рост (табл. 3).

<sup>14</sup> В английском оригинале – “emerging economies”.

Таблица 3. **Динамика и структура выбросов парниковых газов в мире в 2000–2022 гг., % (выбросы всего в мире=100%)**

Показатель	2000	2005	2010	2015	2020	2022
Всего по миру, млрд т в усл.ед. CO <sub>2</sub> -эquiv.	27,7	32,9	36,4	38,7	38,4	40,7
Развитые страны	49,8	43,5	37,6	34,1	30,5	30,2
Развивающиеся страны без учета Китая	35,7	35,0	36,3	38,2	38,8	39,8
Китай	14,4	21,6	26,1	27,6	30,7	30,0

**Примечание.** К парниковым газам здесь относятся: углекислый газ, метан, закись азота, трифторметан, хлортрифторметан, гексафторид серы.

**Источник.** Рассчитано на основе данных BP Energy Outlook 2050: September 2020. URL: <http://www.bp.com/energyoutlook>

В начале нового тысячелетия выбросы распределялись между этими группами примерно поровну, но к 2022 г. доля первых упала до чуть выше 30%, а вторых, соответственно, увеличилась почти до 70%. В натуральных показателях выбросы в развитых странах снизились за период лишь на 10%, что говорит, скорее, об их стабилизации, в остальных же экономиках произошел суммарный рост более чем вдвое, при этом Китай увеличил эмиссию в три с лишним раза.

Продолжение этих трендов, как показывают результаты климатического моделирования<sup>15</sup>, проводимого Межправительственной группой экспертов по изменению климата (International Panel on Climate Change – IPCC), чревато неконтролируемым ростом среднемировой температуры к концу текущего столетия (возможно, на 3,3–5,7 °C). Это может привести к непредсказуемым негативным последствиям для всей планеты и ее обитателей. Неслучайно в Парижском соглашении лимит роста глобальной средней температуры был обозначен в 2 °C (в идеале – 1,5 °C), что, исходя из современных представлений о воздействии температурных режимов на общемировую и локальные экосистемы, является приемлемым.

За последние 100 лет средняя температура на нашей планете возросла на 0,6 °C, что произошло на фоне увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере. Очевидная корреляция объемов выбросов CO<sub>2</sub> и хозяйственной деятельности человека стала одной из причин того, что климатическая повестка в изложенном виде вышла за пределы научно-экспертных кругов и в значительной мере приняла политическую окраску, вызвав на свет крайние формы «зеленого» движения, вплоть до проявлений экотерроризма (нападения активистов на нефтеналивные суда, буровые вышки, взрывы заводов, атаки на объекты СПГ и пр.)<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> U.N. Environment. Шестой оценочный доклад МГЭИК: изменение климата в 2022 году (англ.). UNEP – UN Environment Programme <https://www.unep.org/ru/resources/doklad/shestoy-ocenchnyy-doklad-mgeik-izmenenie-klimata-v-2022-godu> (28 февраля 2022). (дата обращения: 06.04.2022). Архивировано 4 октября 2022 г.

<sup>16</sup> Экотеррористы бьют по больному для Европы в Канаде – атакуют проекты СПГ. URL: <https://eadaily.com/ru/news/2023/01/09/ekoterroristy-byut-po-bolnomu-dlya-evropy-v-kanade-atakuyut-proekty-spg>

Однако есть немалое число ученых, которые оспаривают и рост «глобальной температуры», указывая на сильную неоднородность поверхности земли и очень существенные климатические различия в ее разных зонах, и точность долгосрочного и тем более – сверхдолгосрочного модельного прогнозирования климатических изменений, напоминая, что большинство климатических катаклизмов не были предсказаны, несмотря на наличие суперкомпьютеров и космических наблюдений [Корытный, Веселова, 2022]. Высказывается также мнение, что корреляция концентрации углекислоты в атмосфере и глобального потепления не указывает однозначно на причинно-следственную связь. Возможно, именно рост температуры приводит к увеличению накопления диоксида углерода в воздушных массах из-за уменьшения его растворимости в водах мирового океана [там же]. Сам же рост температуры может быть вызван не антропологическими, а иными факторами, например, повышательной волной долгосрочного цикла климатических колебаний [Petit et al., 1999; Леви и др., 2014].

Тем не менее позиция, прямо связывающая рост концентрации углекислого газа и происходящее интенсивное потепление климата, которое может привести к экологической катастрофе, доминирует и в научном, и в общественно-политическом дискурсе.

### **Взгляд в будущее: достижимы ли нулевые выбросы?**

Если придерживаться господствующей точки зрения, очевидно, следует согласиться и с целью, сформулированной в рамках Парижского соглашения. Для ее достижения необходимо решительным образом сокращать выбросы парниковых газов, развивая и внедряя технологии улавливания, использования и захоронения углерода (Carbon Capture, Utilisation and Storage, CCUS)<sup>17</sup>, вытесняя из энергобаланса минеральное топливо, в том числе – за счет генерации с использованием ВИЭ (декарбонизация); повышая эффективность использования энергии у потребителей, культивируя природные системы, поглощающие парниковые газы (лесные насаждения, карбоновые полигоны, морские плантации водорослей) и т.д. [Новый взгляд, 2018; Прогноз развития, 2019].

Политика в области декарбонизации формируется и реализуется на различных уровнях управления – от международного и национального до отраслевого и корпоративного. Базовыми для экономистов и климатологов стали разработки Межправительственной группы экспертов по изменению климата<sup>18</sup>, исследующие взаимосвязи между выбросами парниковых газов и изменениями климата, в частности среднемировых температур до 2100 г. С оглядкой

---

<sup>17</sup> URL: <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage> (дата обращения: 28.01.2025).

<sup>18</sup> IPCC Sixth Assessment Report, IPCC, 2022. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

на них, по меньшей мере, девять международных исследовательских и экспертных организаций на постоянной основе разрабатывают свои сценарные прогнозы развития мировой экономики и ее отдельных зон и стран с упором на энергетику и эмиссии парниковых газов [Прогноз развития, 2019]. Еще в 2019 г. прогнозы строились до 2040 г., однако, принимая во внимание длительные сроки освоения технологий (многие из них находятся в стадии ОКР), необходимость огромных вложений в их внедрение и освоение, долгосрочные последствия накопления парниковых газов, в 2020-м горизонт прогнозирования был согласованно расширен до 2050 г.

Будущее развитие мировой энергетики (как правило – в разрезе крупных территориальных зон, а также по группам стран, сформированных, например, по уровню душевого дохода) прогнозируется и обсуждается девятью международными организациями<sup>19</sup>. В России этим занимаются как правительственные структуры (например, РЭА Минэнерго РФ или Центр по эффективному использованию энергии) [Bashmakov et al., 2022], так и научные организации и отдельные исследователи. Так, коллектив авторов из ИНП РАН в своих прогнозах по группам стран мира (хотя и без мировой энергетики в целом) [Колпаков и др., 2022] указывает на слишком высокие затраты на достижение нулевых выбросов в рамках национальных экономик, в особенности – для отдельных стран, включая Россию. По оценке экспертов ВЭБ, для достижения углеродной нейтральности РФ «инвестиции в декарбонизацию» должны составлять 0,46–0,73% ВВП ежегодно вплоть до середины столетия [Клепач и др., 2023]. При этом ряд ученых [Макаров и др., 2018; Порфирьев и др., 2022] обращает внимание на существование «трейд-оффа» между снижением эмиссии парниковых газов и темпами роста экономики.

Сравнивая эффективность различных инструментов реализации «зеленой повестки», некоторые авторы [Potashnikov et al., 2022; Сафонов и др., 2022; Салихов, 2022] настаивают на приоритетности мер смягчения последствий изменения климата (т.е. декарбонизации) относительно адаптивных механизмов (наращивание энергоэффективности и использование CCUS). М.Р. Салихов, в частности, полагает, что для успешного энергоперехода требуется установление в России достаточно высокого налога на выбросы CO<sub>2</sub>. Последняя тема относится к числу наиболее обсуждаемых и в России, и за рубежом. Наряду с работами (часто основанными на модельных расчетах), в которых последствия налогообложения в области «коричневой энергетики» оцениваются скорее положительно, (см. [Li, Peng, 2020; Gupta, Thakkar, 2022] и др.) имеются такие, в которых подчеркивается дискриминационный характер этой меры в отношении экспортеров минерального топлива и энергоемкой продукции [Корытный, Веселова, 2022;

---

<sup>19</sup> Сценарии развития мировой энергетики до 2050 г. РЭА Минэнерго РФ, февраль 2024 г. <https://rosenergo.gov.ru/press-center/news/sotsenarii-razvitiya-mirovoy-energetiki-nestabilnomdo-2050-goda/>

Глазырина, 2021; Арутюнов, 2022]. В целом, эффективность такой политики у некоторых вызывает сомнения<sup>20</sup>.

В дальнейшем обсуждении темы мы основываемся на прогнозных проработках компании ВР, используя для ретроспективы именно ее количественные оценки динамики и структуры развития мировой энергетики, включая расчеты, сделанные для отдельных регионов и стран. По этой причине рассмотрим подробнее и сами прогнозы ВР, которые считаются вполне авторитетными в научно-экспертном сообществе и близки к прогнозам альянса Института энергетических исследований РАН и Центра энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО.

Если ранее эксперты ВР традиционно строили три сценария развития энергетики мира и его регионов – условно, инерционный, желанный (с нулевым балансом выбросов парниковых газов и высокими шансами до конца столетия удержать рост среднемировой температуры в пределах 1,5 °С от доиндустриального уровня) и промежуточный. То в 2024 г. они рассматривали только два варианта: «текущая траектория» и «нулевой баланс». Первый из них предполагает сохранение на текущем уровне усилий по декарбонизации экономики и энергетики, а также правил и нормативов, созданных для борьбы с выбросами; второй рассматривает, что необходимо сделать, чтобы выйти на нулевой баланс «выбросы – поглощение» парниковых газов уже к 2050 г.

Таким образом, можно говорить о крайних полюсах, формирующих «конус возможностей» декарбонизации. К какому из них приблизится реальная траектория, зависит от ряда условий. С точки зрения формирования трендов потребления энергии ключевым фактором является рост населения планеты Земля, численность которого, как ожидается, к 2050 г. достигнет 10 млрд чел.<sup>21</sup>, главным образом за счет Южной и Юго-Восточной Азии и Африки. Другой важнейший фактор – рост масштабов производства: среднегодовой ожидаемый темп прироста мирового ВВП будет меньше, чем в истекший период XXI в., и принят для прогнозов ВР на уровне 2,4% в год (или около 1,6% на душу населения), что практически приводит к его удвоению к 2050 г. Весьма значимый фактор – продолжающаяся цифровизация экономики, которая меняет модели поведения потребителей как на производстве, так и в быту [Новый взгляд, 2019; World Economic Forum, 2016]. Аддитивные технологии, автоматизация и роботизация сделают производство более электроемким при общем заметном снижении энергоемкости. Получит развитие распределенная энергетика

---

<sup>20</sup> Андреева М., Нелюбина А. Сценарии энергоперехода в России: эффекты в макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями. Серия докладов об экономических исследованиях. № 122 / январь 2022. Банк России. Источник: energoperekhod\_122.pdf

<sup>21</sup> New global and regional population estimates and projections presented by the United Nations. View Larger Image, 2017, Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2017/06/new-global-and-regional-population-estimates-and-projections-presented-by-the-united-nations/>

с широчайшим использованием высокотехнологичных ВИЭ и распространением просьюмеров электроэнергии. Но цель достижения полной декарбонизации не сможет быть достигнута и без ответственного поведения потребителей, над чем мировому сообществу придется работать специально в рамках политики просвещения и обеспечения климатической грамотности населения.

Сценарий продолженных траекторий (табл. 4) показывает, что сложившиеся институты, политика и имеющиеся технологии (пусть пока зачастую и в лабораторных условиях) позволяют добиться значительных успехов в декарбонизации мировой экономики и сокращении выбросов парниковых газов. Доля минерального топлива в потреблении первичных ресурсов уменьшается на 18,3 п.п., а угля – главного виновника загрязнений – на 10.8 п.п., или почти на 40% (главным образом «благодаря» политике Китая и развитых стран, объем использования угля сокращается на треть, тогда как большинство развивающихся стран, согласно данному сценарию, будут продолжать наращивать использование угля). Немного увеличивается использование газа<sup>22</sup>, атомной и гидроэнергетики. Доля же ВИЭ растет очень сильно и достигает 27,3%. В абсолютном выражении использование первичных энергоресурсов увеличивается на 6,8%, что при росте мирового ВВП примерно вдвое означает среднегодовой темп снижения его энергоемкости до рекордных –2,2%.

**Таблица 4. Прогноз структуры и объема потребления первичных энергоресурсов в мире в 2000–2022 гг.: продолжение текущей траектории, % (всего энергоресурсов=100%)**

Энергоресурсы	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всего, млн т н.э. *	14198	14761	15105	15353	15437	15377	15167
Минеральное топливо, всего	85,1	83,1	80,2	77,4	74,4	70,8	66,8
Углеводороды, всего	60,2	56,1	56,0	54,8	53,3	51,5	49,8
Нефтепродукты	32,1	32,2	31,1	29,4	27,2	25,0	23,0
Природный газ	24,1	23,8	24,9	25,4	26,0	26,5	26,8
Уголь	27,8	27,0	24,2	22,6	21,1	19,3	17,0
АЭС*	1,6	1,7	1,8	1,8	2,0	2,3	2,4
ГЭС*	2,6	2,6	2,7	2,8	3,0	3,2	3,4
ВИЭ**	11,8	12,7	15,3	18,0	20,6	23,7	27,3
Эмиссия парниковых газов, млрд т в усл. ед. CO <sub>2</sub>	40,7	41	40	38	36	34	31
Извлечение и захоронение парниковых газов, млрд т усл. ед. CO <sub>2</sub>	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,9

**Примечание.** \*Рассчитано по полезной энергии.

\*\*Включает ветровые, солнечные, геотермальные источники, а также биомассу, жидкое биотопливо и биометан.

<sup>22</sup> Газ официально признан переходным топливом на 28 Климатической конференции ООН (КС-28) с 30 ноября по 12 декабря в Дубае.

Данный сценарий всем хорош и, возможно, не слишком дорог экономически. Он позволяет снизить выбросы парниковых газов на четверть от текущего уровня. Однако для того чтобы достичь целевых показателей доминирующей климатической повестки, нужно остановить накопление парниковых газов в атмосфере, а затем начать их сокращать.

Собственно, второй сценарий ВР предполагает, что к 2050 г. будет достигнута не просто «точка перелома» (исторический максимум потребления энергии), а нулевой баланс в производстве и поглощении парниковых газов (табл. 5).

**Таблица 5. Прогноз структуры и объема потребления первичных энергоресурсов в мире в 2022–2050 гг.: нулевые выбросы, % (всего энергоресурсов=100%)**

<b>Энергоресурсы</b>	<b>2022</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
Всего, млн т н.э.*	14198	14761	14293	13497	12332	11269	10438
Минеральное топливо, всего	85,1	83,1	76,5	68,5	58,6	45,6	31,9
Углеводороды, всего	60,2	56,1	55,0	50,9	44,5	36,1	26,6
Нефтепродукты	32,1	56,1	55,0	50,9	44,5	36,1	26,6
Природный газ	24,1	23,8	24,2	23,5	22,3	19,7	14,8
Уголь	27,8	27,0	21,5	17,6	14,1	9,5	5,2
АЭС*, а его	1,6	1,7	2,0	2,4	3,2	4,1	4,8
ГЭС*	2,6	2,6	2,9	3,5	4,3	5,3	6,3
ВИЭ**	11,8	12,7	18,7	25,6	34,0	45,0	57,0
Эмиссия парниковых газов, млрд т в усл.ед. CO <sub>2</sub>	40,7	41	35	27	18	9	2
Извлечение и захоронение парниковых газов, млрд т в усл. ед. CO <sub>2</sub>	0,0	0	0	-1	-3	-5	-7

**Примечание.** \*Рассчитано по полезной энергии.

\*\*Включает ветровые, солнечные, геотермальные источники, а также биомассу, жидкое биотопливо и биометан.

Согласно этому сценарию при росте мирового ВВП вдвое потребление первичных энергоресурсов должно сократиться более чем на четверть, а энергоемкость экономики – на 63%, т.е. среднегодовые темпы снижения энергоемкости должны составить не ниже –3,5%. Для этого необходимо полностью вытеснить нефть из энергобаланса после 2035 г., используя ее только как сырье для производства нефтехимической продукции. Уголь и природный газ тоже должны остаться главным образом в химической промышленности, а в качестве энергоносителя смогут использоваться лишь для выпуска «голубого водорода», т.е. такого, при производстве которого все парниковые газы улавливаются и захораниваются. Такие технологии получают распространение также после 2035 г., но не будут иметь массового характера ввиду их крайней дороговизны [Bacilieri, Black, 2023].

Весомую долю в энергобалансе должен занять низкоуглеродный<sup>23</sup> (экологически чистый) водород. Его форму будет принимать не менее 10% первичной энергии в процессе ее преобразования и использования, что в итоге даст около 1 млрд т н.э<sup>24</sup>. Приоритетные направления использования – отопление и электрогенерация, хранение энергии для повышения надежности работы энергосистем, транспортное топливо и сырье для переработки. В частности, на транспорте водород (наряду с жидким биотопливом) должен полностью вытеснить нефтепродукты в качестве моторного топлива для морских и авиаперевозок. В наземных транспортных перевозках ключевая роль в этом плане отводится электромобилям, хотя вклад водородного и биотоплива тоже будет существенным. В результате эмиссия парниковых газов должна быть сведена к минимуму.

Вместе с тем, принимая во внимание научную, а также изрядно политизированную «околонаучную» дискуссию вокруг климатической повестки [Корытный, Веселова, 2022; Пыжев, 2022], следует заметить, что возможность реализации данного и подобных ему «радикальных» сценариев не только остается под большим вопросом, но и может увести мировые тренды развития в сомнительную сторону. Прежде всего, попытка довести долю ВИЭ до 60% и более в общем энергобалансе противоречит исследованиям, основанным на фундаментальных законах термодинамики. Как указывает В.С. Арутюнов [Арутюнов, 2022], проведенный еще в начале 1970-х гг. по заказу Римского клуба анализ, а также более поздние изыскания (Моисеева, Горшкова и др.), показали, что за счет ВИЭ можно обеспечить энергопотребление не более 500 млн чел. Понятно, что с конца XX в. технологии по вовлечению ВИЭ в общий энергооборот сильно улучшились и подешевели, но все же разница между 500 млн и 8 млрд нынешнего населения Земли слишком ощутима, к тому же и душевое потребление энергоресурсов с тех пор увеличилось.

Есть также большие сомнения, что ВИЭ-генерация и в целом – сокращение выбросов парниковых газов позволят достичь ожидаемого эффекта в части сдерживания глобального потепления. Во-первых, как уже отмечалось, за него могут быть ответственны другие факторы. Во-вторых, использование ВИЭ-технологий сопряжено с серьезными ресурсными ограничениями – дефицитом чистой воды, редкоземельных элементов и просто редких металлов и др. – и порождает собственные экологические проблемы, связанные с деградацией почв, необходимостью утилизации отработанных материалов и пр. [Ладыгина, 2021; Арутюнов, 2022]. Развитие водородной энергетики также сопряжено с очень серьезными технологическими и экономическими проблемами и требует особых и чрезвычайно дорогостоящих мер безопасности [там же].

При обсуждении перспектив глобального энергоперехода представляется важным учесть еще одну проблему, которая почему-то игнорируется исследователями – это то, что можно назвать «ловушкой традиционной энергетики».

---

<sup>23</sup> Зеленый (гидролизный), голубой и биоводород.

<sup>24</sup> BP Energy Outlook 2050: July 2024. Available at: <http://www.bp.com/energyoutlook>

Объективное противоречие между развитыми экономиками, нацеленными на переход к экологическим чистым технологиям и остальным миром (за редкими исключениями), у которого в приоритете экономический рост, может сыграть злую шутку в период после 2030–2035 гг., когда страны условного глобального Севера в значительной степени пересядут на электромобили и другие виды «чистого» транспорта. Велика вероятность, что резко подешевевшие из-за этого автомобили с двигателями внутреннего сгорания найдут хороший спрос в государствах Африки, Азии, Южной Америки. Вряд ли последние устоят от искушения ускорить свое развитие за счет активной автомобилизации, тем более что традиционное моторное топливо также может упасть в цене. Эти обстоятельства станут стимулом для сохранения мощностей по добыче и переработке нефти еще на какое-то время, что, безусловно, затормозит энергопереход в масштабах планеты в целом (особенно, если учесть, что национальные экостандарты в странах третьего мира, как правило, довольно мягкие).

Указанные соображения в сочетании с недоказанностью катастрофических последствий глобального потепления (которые с большой вероятностью преувеличиваются [Корытный, 2022]), ставят под сомнение целесообразность жесткого следования продвигаемой Межправительственной группой климатической повестке вообще и сценарию нулевых выбросов к 2050 г. в частности.

Отметим, что *для России* сценарий «продолженных тенденций» в трактовке ВР не выглядит чем-то недостижимым. Общий рост масштаба применения здесь первичной энергии за период с 2022 по 2050 гг. составит 16,9%, обуславливая темп снижения энергоемкости ВВП в –2,2% в год, т.е. «на мировом уровне». Идет постепенное вытеснение нефтепродуктов и угля, однако доля газа несколько возрастает, следуя трендам предыдущих двух десятилетий. Ожидается четырехкратный рост применения энергии ВИЭ – до 21,5 млн т н.э., хотя в масштабах российской энергосистемы ее доля останется малозначимой.

Сценарий же нулевых выбросов для нашей страны представляется гораздо более фантастичным, чем для мира в целом. Прежде всего, потому, что он предполагает доведение доли ВИЭ в энергобалансе к 2050 г. до 50% (напомним, в настоящее время она составляет менее 1%). Безусловно, следуя общемировому тренду, Россия будет вынуждена развивать высокотехнологичные ВИЭ. Однако для нее это сопряжено с гораздо более высокими затратами, чем для большинства других стран. Ресурсы ветра располагаются по большей части на океанских берегах и в прибрежной зоне, но Россия – страна континентальная. К тому же она одна из самых северных стран с очень суровым климатом, где солнечной радиации явно недостаточно для обеспечения массового энергопотребления. Для того чтобы высокотехнологичные ВИЭ стали прибыльными для бизнеса, необходим гораздо больший прогресс соответствующих технологий, значит, скорее всего, их развитие потребует весьма значительных субсидий<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> К сожалению, в анализировавшихся документах данные о затратах на энергопереход очень отрывочны и не систематизированы.

Ситуация осложняется неминуемым снижением доходов от экспорта минерального топлива. Как явствует из сравнения показателей производства и потребления первичных ТЭР (в рамках второго сценария ВР), после 2045 г. российская нефть и нефтепродукты не будут вывозиться за пределы страны, экспорт газа упадет более чем вдвое, а угля – на три четверти от уровня 2022 г. При этом можно ожидать, что и цены на них за рубежом не будут высокими из-за падения спроса. Поэтому выручка России от экспорта энергоресурсов в конце рассматриваемого периода будет на порядок ниже, чем в настоящее время.

Здесь нельзя не вспомнить нашумевшую книгу известного американского политолога Тейна Густафсона «Klimat» [Gustafson, 2021]. В этом труде автор детально, со знанием дела разбирает слабые и сильные стороны нашей страны, которые, по его мнению, будут иметь решающее значение в период изменения климата (до 2050 г.). К недостаткам российской экономики он относит некоторые природные факторы: слабую диверсифицированность и зависимость от экспорта природных ресурсов, континентальность территории, но главное – «груз прошлого», включая отсутствие стратегического планирования и неповоротливость управления. Его прогноз для России на ближайшие десятилетия – распространение болезней и природных катастроф в связи с таянием вечной мерзлоты, выпадение экспортных доходов, усиление политической изоляции, снижение производства и жизненного уровня населения. По его мнению, мы скорее всего не сможем в полной мере использовать плюсы глобального потепления в виде роста урожайности, незамерзающего северного морского пути и пр. в силу слабых навыков адаптации и диверсификации.

Отрадно, что на страницах «ЭКО» был опубликован краткий конструктивный разбор позиции Т. Густафсона [Пыжев, 2022], автор которого вменяет американскому ученому отсутствие достаточных обосновывающих расчетов при полном доверии прогнозам Межправительственной группы, которые многим представляются не слишком надежными. Фундаментальная же проблема этого исследователя – безоговорочная вера в бесперспективность «проекта Россия» с неизбежной расплатой, которую изменение климата лишь приблизит. Добавим от себя, что жизнь уже опровергла некоторые его выводы: с высоты 2025 г. можно увидеть, что Россия умеет быстро и довольно эффективно адаптироваться к сильным внешним шокам, которые, по замыслу санкционеров, должны были ее уничтожить. Наше общество сумело консолидироваться, бизнес и власть смогли скоординировать усилия и сгенерировать экономический рост, основанный на крупных инвестициях в оборонную промышленность и связанные секторы.

Кроме того, существуют расчеты с использованием модели общего равновесия (DSGE) для 16 регионов мира, включая Россию [Kotlikoff et al., 2021], демонстрирующие, что в длительной перспективе потепление климата в целом позитивно сказывается именно на России (наряду с другой северной континентальной страной – Канадой), тогда как для других зон и групп мировой экономики оно оказывается разрушительным. Представления отечественных исследователей

и экспертов по этому поводу довольно оптимистичны (см., например, материалы ИНЭИ РАН, ЦЭМШУ СКОЛКОВО и РЭА Минэнерго России).

В 2021 г. была утверждена Стратегия социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года<sup>26</sup>, где рассматриваются два сценария развития страны до 2050 г. – инерционный и целевой. Первый не предполагает слишком больших усилий по снижению выбросов парниковых газов, имеет низкие темпы роста экономики и высокие – сокращения экспорта энергоресурсов – в общем, его можно назвать песимистичным. При его реализации эмиссия вредных газов будет возрастать, а поглощающая способность природных систем останется на прежнем уровне, в итоге объем чистых выбросов парниковых газов в 2050 г. будет на четверть выше, чем в базовом 2019 г, что не соответствует как целям Парижского соглашения, так и прописанному в Стратегии намерению России обогнать Евро-союз по снижению выбросов. Второй вариант – амбициозный, хотя и далеко не в той мере, как сценарий ВР «нулевые выбросы». Он предполагает темпы роста экономики России выше среднемировых, меньшее сокращение экспорта энергоресурсов, чем в предыдущем варианте, и снижение чистой эмиссии парниковых газов, в том числе за счет увеличения поглощающей способности экосистем на 60% (а если считать относительно уровня 1990 г. – на 80%). Достижение же нулевой нейтральности отодвигается, по крайней мере, лет на десять – как минимум до 2060 г.

### **Сколько это может стоить: мнение экспертов**

К сожалению, существующие прогнозы дают только разрозненные оценки затрат на развитие энергетики и экономики в рамках тех или иных сценариев. Так, в материалах ВР можно найти оценки среднегодовых инвестиций в развитие солнечных и ветровых электростанций, а также в сектор добычи нефти и газа, которые по сценарию «Нулевые выбросы» в сумме составляют для 2020–2022 г. около 920 млрд долл.<sup>27</sup>, для периода 2023–2029 гг. – 1210 млрд, 2030–2039 гг. – 1480 млрд и 2040–2050 гг. – примерно 1410 млрд долл.

Можно найти более ранние прогнозы с базой, например, выполненные МЭА. В них для сценария с нулевыми выбросами, при среднегодовых инвестициях в мировой ТЭК в течение 2016–2020 гг. в 2,2 трлн долл., их объем должен составить 4,9 трлн долл. для периода 2021–2040 гг. и 4,3 трлн долл. – для периода 2041–2050 гг.<sup>28</sup>

<sup>26</sup> Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-р. URL: +static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fW032e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf

<sup>27</sup> bp Energy Outlook 2024 Edition, bp, 2024, p. 72. Available at: <https://www.connaissancedesenergies.org/sites/connaissancedesenergies.org/files/pdf-actualites/bp-energy-outlook-2024.pdf>

<sup>28</sup> IEA (2021). Net Zero by 2050. Available at: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

Коллеги из ИНП РАН считают такие оценки заниженными [Колпаков и др., 2022]. Они с помощью специально разработанной модели провели расчеты затрат на развитие энергетики 12 крупнейших экономик мира, производящих около 80% мирового ВВП (страны ЕС рассматривались как единая экономика). При этом учитывались инвестиции не только на ввод мощностей, но и на развитие сетевой инфраструктуры, дополнительное резервирование мощностей в связи с неустойчивой работой ВИЭ, замену мощностей в связи с длительностью прогнозного периода (до 2060 г.). Дополнительно приняты во внимание затраты, связанные с необходимостью замещения выпадающих доходов от экспорта минерального топлива (что, впрочем, актуально лишь для стран – экспортеров таких ресурсов, включая Россию). Итак, только для этих ТОП-12 экономик среднегодовые инвестиции должны составлять 3,1 трлн долл. в период до 2030 г., 5,3 трлн долл. – в 2030–2040 гг. и 7,1 трлн долл. – в период 2041–2060 гг.

Оценив долю общих затрат на развитие и обеспечение функционирования энергетических систем относительно ВВП, авторы пришли к выводу, что стремление во что бы то ни стало добиться реализации сценария с нулевыми выбросами может поставить экономику ТОП-12 стран в неустойчивое положение, с рисками «различного рода кризисных явлений» [там же. С. 150], что в итоге вынудит их снизить расходы на ТЭК до безопасного для устойчивого развития экономики уровня. Особенно рискованной попытка выйти на траекторию развития с нулевыми выбросами к 2050 г. представляется для России, поскольку она потребует инвестиций, в два с лишним раза превышающих критический для экономики рубеж.

Эти же авторы рассчитали параметры сценария, при котором доля затрат на энергетику не превышает комфортных 10% ВВП. В этом случае оказывается, что в 2050 г. доля ВИЭ в энергопотреблении мировой экономической системы не может превысить 40%, а в 2060 г. – 54%. Эти расчеты отчасти снижают неопределенность относительно ограничений и возможностей декарбонизации в различных странах мира.

## **Заключение**

Парижское соглашение по климату, подписанное к настоящему времени 194 государствами мира, акцентирует внимание и усилия мирового сообщества на поддержании так называемой климатической повестки, состоящей в недопущении увеличения концентрации диоксида углерода и других парниковых газов в атмосфере Земли. Рост их эмиссии рассматривается Межправительственной группой экспертов по изменению климата при ООН, а также большинством ученых и политиков как главная причина глобального потепления, грозящего катастрофическими последствиями для окружающей среды и всего человечества уже в этом веке. Правда, в научно-экспертном сообществе нет полного согласия ни о причинах роста концентрации парниковых газов, ни об их причастности к потеплению, ни о степени угрозы для природы и человечества. Некоторые видные представители естественных наук указывают, что природно-климатические

механизмы саморегулирования пока плохо изучены, методы измерения и тем более прогнозирования характеристик природно-климатических систем несовершенны и неточны. Высказываются сомнения в тотальной разрушительности роста средней температуры на планете. Но хотя мало кто возражает против необходимости дальнейших исследований в рамках климатической повестки и координации усилий разных стран по сокращению вредных выбросов в атмосферу, вопрос о допустимой напряженности этих усилий остается открытым.

В настоящее время множество международных и национальных организаций пытаются заглянуть в будущее энергетики и прогнозируют ее развитие как в целом по миру, так и по его регионам, группам стран, отдельным энергоносителям. Среди этих прогнозов выделяется группа сценариев, в которые заложены целевые показатели по достижению нулевых чистых выбросов парниковых газов к 2050–2060 гг., главным образом – за счет 5–6-кратного увеличения доли ВИЭ в энергобалансе. Предполагается, что это позволит удержать рост средней температуры на планете в пределах 1,5°–2 °С относительно доиндустриального уровня. При этом, однако, не принимаются во внимание ни результаты проведенных ранее исследований, которые резюмировали ограниченность потенциала ВИЭ в мировом масштабе, ни дефицит ресурсов (в частности, редких элементов) для изготовления соответствующего оборудования в необходимом количестве.

Не выдерживает строгой критики и второй ключевой элемент стратегии достижения нулевых чистых выбросов – ускоренное развитие водородных технологий. Для выполнения целей «нулевого» сценария к 2050 г. потребуется до 1 трлн т н.э. водородного топлива (что составляет почти 10% всех потребностей в ТЭР). Кроме того, его реализация потребует развития технологий защиты окружающей среды от новых ущербов рисков, связанных с инсталляцией и функционированием ВИЭ и водородной энергетики. Таким образом, поставленные цели видятся как слишком амбициозные и трудновыполнимые.

Одним из препятствий декарбонизации мировой экономики может стать «ловушка традиционной энергетики», когда традиционные энергоносители, от которых откажутся развитые страны, найдут массовые рынки сбыта в «странах третьего мира», объективно отстающих от первой группы в стадии энергоперехода. Они, с большой вероятностью, отдадут предпочтение ускорению экономического роста, нежели выполнению поставленных международным сообществом задач по снижению выбросов. Это обстоятельство может затормозить энергопереход в глобальном масштабе.

При построении прогнозов и программ важно как можно полнее учесть затраты на их реализацию. В частности, планируя радикальную перестройку энергетического комплекса, нужно принять во внимание развитие обслуживающей инфраструктуры для транспорта и эксплуатации новых энергоносителей, обеспечение надежности функционирования энергосистемы и всех ее элементов, безопасную утилизацию списанного оборудования и т.д. Для государств – экспортеров органического топлива следует дополнительно учесть

Декарбонизация экономики мира и России: ограничения, возможности, прогнозы

затраты на компенсацию выпадающих доходов в связи с общим снижением спроса на эти ресурсы. На данный момент наиболее полными и убедительными с этой точки зрения представляются расчеты, проведенные в ИНП РАН. Они показали, что при реализации сценариев с нулевыми чистыми выбросами общие издержки на энергопереход растут во всех обследованных странах и могут превысить долю в ВВП, при которой развитие экономики в целом становится неустойчивым. Особенно уязвимой оказывается российская экономика.

Тем не менее, думается, что Россия найдет достойное место в меняющемся мире, в том числе и потому, что изгнание минерального топлива в той мере, как этого требует климатическая повестка, сформулированная в Парижском соглашении, вряд ли состоится, хотя можно ожидать заметных подвижек на пути снижения выбросов CO<sub>2</sub>. Остановит ли это глобальное потепление? Если потепление будет продолжаться, каковы будут последствия для природы и человечества? На эти вопросы еще предстоит найти ответы.

### Литература/References

- Арутюнов В.С. О прогнозах глобального энергоперехода // ЭКО. 2022. № 7. С. 51–66. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-7-51-66
- Arutyunov, V.S. (2022). On Forecasts of the Global Energy Transition. *ECO*. No. 7. Pp. 51–66. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-7-51-66
- Глазырина И.П. Проблемы экологически неравноценного обмена в XXI веке // ЭКО. 2021. № 9 (567). С. 94–124. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2021-9-94-124
- Glazyrina, I.P. (2021). Problems of ecologically unequal exchange in the 21st century. *ECO*. No. 9 (567). Pp. 94–124. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2021-9-94-124
- Клепач А.Н., Окорочкова А.А., Тиньков Н.Г. Достижение Российской Федерацией «углеродной нейтральности» не позднее 2060 года. ВЭБ Институт исследований и экспертизы. Январь 2023 г. [https://inveb-docs.ru/attachments/article/2023\\_01/Uglerodnaya\\_neutralnost\\_2060.pdf](https://inveb-docs.ru/attachments/article/2023_01/Uglerodnaya_neutralnost_2060.pdf). (дата обращения: 23.10. 2023).
- Klepach, A.N., Okorochkova, A.A., Tin'kov, N.G. (2023). *The Russian Federation's achievement of "carbon neutrality" no later than 2060*. VEB Institute of Research and Expertise. (In Russ.). A source: [https://inveb-docs.ru/attachments/article/2023\\_01/Uglerodnaya\\_neutralnost\\_2060.pdf](https://inveb-docs.ru/attachments/article/2023_01/Uglerodnaya_neutralnost_2060.pdf). (accessed 23.10. 2023).
- Колпаков А.Ю., Янтовский А.А., Галингер А.А. Цена достижения нулевых эмиссий CO<sub>2</sub> к середине века: метод и оценка для крупнейших экономик мира // Журнал НЭА. 2022. № 2 (55). С. 139–154.
- Kolpakov, A.Yu., Yantovsky, A.A., Galinger, A.A. (2022). The price of achieving zero CO<sub>2</sub> emissions by the middle of the century: a method and assessment for the world's largest economies. *NEA Journal*. No. 2 (55). Pp. 139–154. (In Russ.).
- Корытный Л.М., Веселова В.Н. Мифы и рифы климатической повестки // ЭКО. 2022. № 7. С. 8–30. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-7-8-30
- Korytny, L.M., Veselova, V.N. (2022). Myths and Reefs of the Climate Agenda. *ECO*. No. 7. Pp. 8–30. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-7-8-30
- Ладыгина О. Темная сторона альтернативной энергетики // Discovery. 2021. № 5(140). С. 14–16.

- Ladygina, O. (2021). The dark side of alternative energy. *Discovery*. No. 5(140). Pp. 14–16. (In Russ.).
- Левы К.Г., Воронин В.И., Задонина Н.В., Язев С.А. Малый ледниковый период. Ч. 2. Гелиофизические и природно-климатические аспекты // Известия Иркутского гос. ун.-та. 2014. Т. 9. Серия Геоархеология. Этнология. Антропология. С. 2–33.
- Levi, K.G., Voronin, V.I., Zadonina, N.V., Yazev, S.A. (2014). Little Glacial Age. Part 2. Heliophysical and Climatic Aspects. *Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series*. Т. 9. Pp. 2–33. (In Russ.).
- Макаров И.А., Чен Х., Пальцев С.В. Последствия Парижского климатического соглашения для экономики России // Вопросы экономики. 2018. № 4. С. 76–94.
- Makarov, I.A., Chen H., Fingers S.V. (2018). The consequences of the Paris Climate Agreement for the Russian economy. *Economic Issues*. No. 4. Pp. 76–94. (In Russ.).
- Новый взгляд на будущее энергетики: сценарии развития до 2050 г. Дискуссионный доклад. МШУ СКОЛКОВО и ЕУ, 2019. URL: [https://iems.skolkovo.ru/downloads/documents/SKOLKOVO\\_IEMS/Research\\_Reports/SKOLKOVO\\_IEMS\\_Research\\_2018-03-19\\_ru.pdf](https://iems.skolkovo.ru/downloads/documents/SKOLKOVO_IEMS/Research_Reports/SKOLKOVO_IEMS_Research_2018-03-19_ru.pdf)
- A new view on the future of energy: development scenarios up to 2050*. Discussion report. Moscow School of Management Skolkovo and EY, 2019. (In Russ.). Available at: [https://iems.skolkovo.ru/downloads/documents/SKOLKOVO\\_IEMS/Research\\_Reports/SKOLKOVO\\_IEMS\\_Research\\_2018-03-19\\_ru.pdf](https://iems.skolkovo.ru/downloads/documents/SKOLKOVO_IEMS/Research_Reports/SKOLKOVO_IEMS_Research_2018-03-19_ru.pdf)
- Новый импульс Азиатской России: источники и средства развития. Монография: в двух томах / Под ред. В.А. Крюкова и Н.И. Суслова. ИЭОПП СО РАН, 2023.
- Kryukov, V. A. and Suslov, N. I.. (Edited) (2023). *The new impulse of Asian Russia: sources and means of development*. Monograph: in two volumes. IEPP SB RAS, 12. (In Russ.).
- Порфирьев Б.Н., Шилов А.А., Колпаков А.Ю., Единак Е.А. Возможности и риски политики климатического регулирования в России // Вопросы экономики. 2022. № 1. С. 72–89.
- Porfiriev, B.N., Shirov, A.A., Kolpakov, A. Yu., Edinak, E.A. (2022). Opportunities and risks of climate regulation policy in Russia. *Economic Issues*. No. 1. Pp. 72–89. (In Russ.).
- Прогноз развития энергетики мира и России 2019. ИНЭИ РАН, ЦЭМШУ СКОЛКОВО, Москва, 2019. URL: [https://mks-group.ru/storage/presentations/2019\\_SKOLKOVO\\_Forecast\\_of\\_energy\\_development\\_RUS.pdf?ysclid=m2y8ay8cgd268243038](https://mks-group.ru/storage/presentations/2019_SKOLKOVO_Forecast_of_energy_development_RUS.pdf?ysclid=m2y8ay8cgd268243038)
- Forecast of global and Russian energy development 2019*. (2019). INEI RAS, CEMSM SKOLKOVO, Moscow. (In Russ.). Available at: [https://mks-group.ru/storage/presentations/2019\\_SKOLKOVO\\_Forecast\\_of\\_energy\\_development\\_RUS.pdf?ysclid=m2y8ay8cgd268243038](https://mks-group.ru/storage/presentations/2019_SKOLKOVO_Forecast_of_energy_development_RUS.pdf?ysclid=m2y8ay8cgd268243038)
- Пыжнев А.И. Климатическую повестку никто не отменял: почему это важно для российской экономики? // ЭКО. 2022. № 7. С. 31–50. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-7-31-50
- Pyzhev, A.I. (2022). No One Has Cancelled the Climate Agenda: Why Is It Important for the Russian Economy? *ECO*. No. 7. Pp. 31–50. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-7-31-50
- Салихов М.Р. Сценарии трансформации: декарбонизация российской экономики // Журнал Новой экономической ассоциации. 2022. № 4 (56). С. 213–219.
- Salikhov, M.R. (2022). Transformation scenarios: Decarbonization of the Russian Economy. *Journal of the New Economic Association*. No. 4 (56). Pp. 213–219. (In Russ.).

- Сафонов Г.В., Поташиников В.Ю., Сафонов М.Г. и др. . Перспективы экологической модернизации экономики России // Журнал Новой экономической ассоциации. 2022. № 4 (56). С. 195–201.
- Safonov, G.V., Potashnikov, V. Yu., Safonov, M.G. et al. (2022). Prospects of ecological modernization of the Russian economy. *Journal of the New Economic Association*. No. 4 (56). Pp. 195–201. (In Russ.).
- Bacilieri, R., Black, R. (2023). Way. Assessing the relative costs of high-CCS and low-CCS pathways to 1.5 degrees / Oxford Smith School of Enterprise and the Environment. *Working Paper*. No. 23–08. P. 49. Available at: <https://www.smithschool.ox.ac.uk/sites/default/files/2023-12/Assessing-the-relative-costs-of-high-CCS-and-low-CCS-pathways-to-1-5-degrees.pdf>
- Bashmakov, I., Bashmakov, V., Borisov, K., Dzedzichok, M., Lunin, A., Govor I. (2022) Russia's carbon neutrality: pathways to 2060.. Russia's carbon neutrality: pathways to 2060. Available at: [https://cenef-xxi.ru/uploads/Report\\_CENEF\\_XXI\\_0076074542.pdf](https://cenef-xxi.ru/uploads/Report_CENEF_XXI_0076074542.pdf) (accessed 23.10. 2023).
- Gupta, S., Thakkar, P. (2022). Optimal tax policy to reduce emissions: A DSGE approach. Indira Gandhi Institute of Development Research, Mumbai.
- Gustafson T. (2021). Klimat. Russia in the Age of Climate Change. *Harvard University Press*.
- Kotlikoff, L.J., Kubler, F., Polbin, A., Scheidegger, S. (2021). Can Today's and Tomorrow's World Uniformly Gain from Carbon Taxation? NBER. *Working Papers*. No. 29224.
- Li, H., Peng, W. (2020). Carbon Tax, Subsidy, and Emission Reduction: Analysis Based on DSGE Model. *Complexity*. No. 6.
- Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J.M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, J., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenkov, V., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E., and Stievenard, M. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok Ice Core. *Antarctica. Nature*. Vol. 399. Pp.429–436. Available at: <http://www.jeromechappellaz.com/files/publications/climate-and-atmospheric-history-of-the-past-420-000-years-from-the-vostok-ice-core-antarctica-38.pdf> (accessed: 19.01.2022).
- Potashnikov, V., Golub, A., Brody, M., Lugovoy, O. (2022). Decarbonizing Russia: Leapfrogging from Fossil Fuel to Hydrogen. *Energies*, Vol. 15, No. 3.
- School of Enterprise and the Environment. *Working Paper*; No. 23–08. P. 49. Available at: <https://www.smithschool.ox.ac.uk/sites/default/files/2023-12/Assessing-the-relative-costs-of-high-CCS-and-low-CCS-pathways-to-1-5-degrees.pdf>
- World Economic Forum. (2016). How will the digital revolution transform the energy sector? Available at: <https://www.weforum.org/stories/2016/03/how-will-the-digital-revolution-transform-the-energy-sector/>

Статья поступила 15.11.2024

Статья принята к публикации 27.11.2024

**Для цитирования:** Сулов Н.И. Декарбонизация экономики мира и России: ограничения, возможности, прогнозы // ЭКО. 2025. № 2. С. 8–30. DOI: 10.30680/ЕСО0131–7652–2025–2–8–30

### Информация об авторе

Суслов Никита Иванович (Новосибирск) – доктор экономических наук, профессор. Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет.

E-mail: nsuslov5@yandex.ru; ORCID: 0000–0001–8899–7906

### Summary

*N.I. Suslov*

#### **Decarbonization of the Global and Russian Economies: Limitations, Opportunities, Forecasts**

**Abstract.** The following paper seeks to make an analytical discussion of the prospects for the energy sector development in the world and Russia in the context of the current climate agenda. The retrospective analysis for 2000–2022 has shown that the measures taken by the world community and individual governments to decarbonize and reduce greenhouse gas emissions, although successful in some countries, have generally been insufficiently effective. Energy development forecasting faces a number of problems that are still debatable in the scientific and expert community. The general conclusion is that achieving a net zero balance in greenhouse gas emissions is unlikely to be possible by the middle of this century, although some success in reducing them can be expected. In this case, Russia will certainly find its place in the new world order.

**Keywords:** *climate change; decarbonization; greenhouse gases; energy consumption; renewable energy sources (RES); energy system; future scenarios; global economy, Russia*

**For citation:** Suslov, N.I. (2025). Decarbonization of the Global and Russian Economies: Limitations, Opportunities, Forecasts. *ECO*. No. 2. Pp. 8–30. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131–7652–2025–2–8–30

### Information about the author

*Suslov, Nikita Ivanovich* (Novosibirsk) – Doctor of Economic Sciences, Professor. Institute of Economics and Industrial Engineering, SB RAS; Novosibirsk State University.

E-mail: nsuslov5@yandex.ru; ORCID: 0000–0001–8899–7906