

И.А. Башмаков

Основная развилка на траекториях достижения углеродной нейтральности

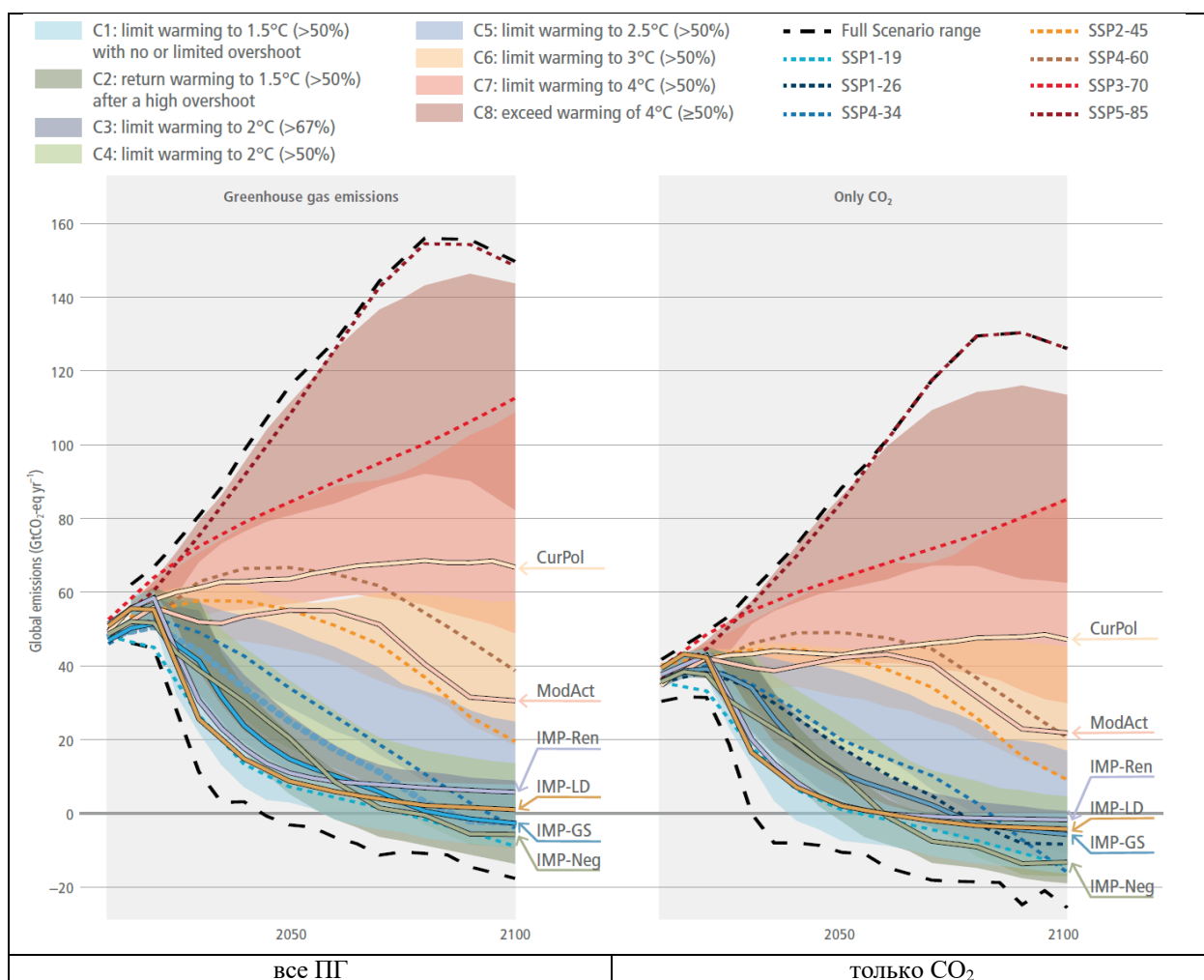
Россия приняла амбициозное обязательство по достижению к 2060 г. баланса между антропогенными выбросами и их поглощением не только по CO₂, что означало бы углеродную нейтральность, но по всем ПГ.

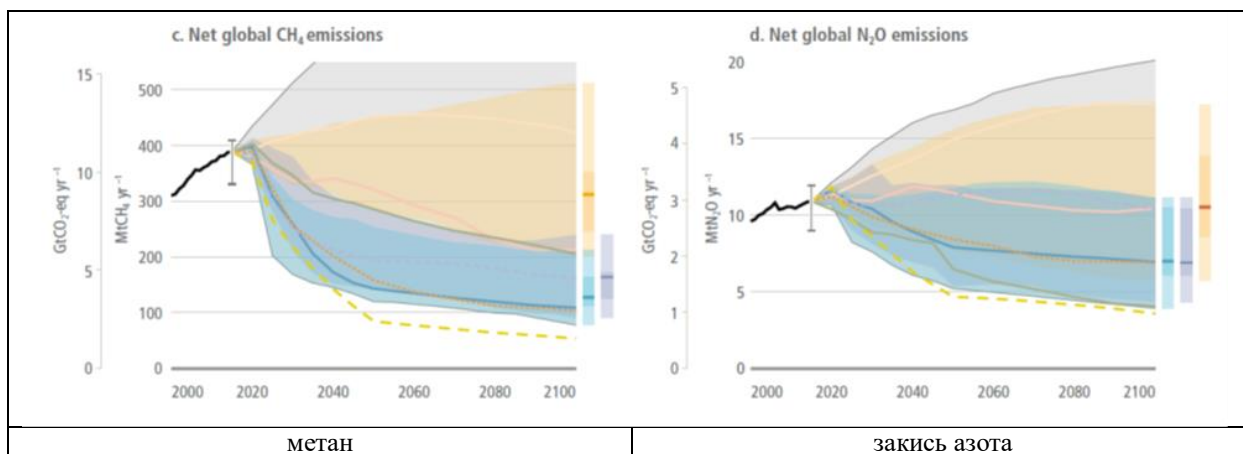
Ключевой долгосрочной целью климатической политики является достижение с учетом национальных интересов и приоритетов социально-экономического развития не позднее 2060 года баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением.

Статья 21. Климатическая доктрина Российской Федерации.

Это произошло, возможно, 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 г. до нуля не требуется. Это требование касается только CO₂, а для метана, закиси азота и других ПГ требуется кратное снижение выбросов, но не до нуля (рис. 1).

Рисунок 1. Профили общих выбросов в сценариях основаны на климатических категориях для всех ПГ (AR6 GWP-100) и для CO₂





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

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 тСО₂экв в 2021 г. до 1673 млн тСО₂экв. в 2030 г. То есть, фактически они должны сохраняться до 2030 г. на уровне 2021 г. В Указе Президента РФ от 04.11.2020 г. и в качестве целевого показателя определенного на национальном уровне вклада Российской Федерации в реализацию Парижского соглашения для нетто-выбросов на 2030 г. указан уровень равный 2162,4 млн тСО₂экв.

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. существовала три сценария ЦЭНЭФ-XXI¹ и появившиеся в самом конце 2023 г. сценарии ИНП РАН² 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 ВТБ³ также ограничены горизонтом 2050 г. с довольно пессимистическими оценками возможностей снижения выбросов ПГ во многих секторах (еще более осторожными, чем в прогнозе ИНП РАН) и неопределенным выводом по поводу возможности достижения углеродной нейтральности.

Еще при подготовке *Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низкими выбросами парниковых газов до 2050 года* сформировалась первая развилка и два принципиально разных видения стратегии декарбонизации. Эта развилка

¹ 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-Report_CENEF_XXI_0076074542.pdf (cenef-xxi.ru); <https://cenef-xxi.ru/articles/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060/>; 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.

² 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.

³ 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.

сохранилась и в сценариях, появившихся после объявления цели по углеродной нейтральности в октябре 2021 г. (рис. 2):

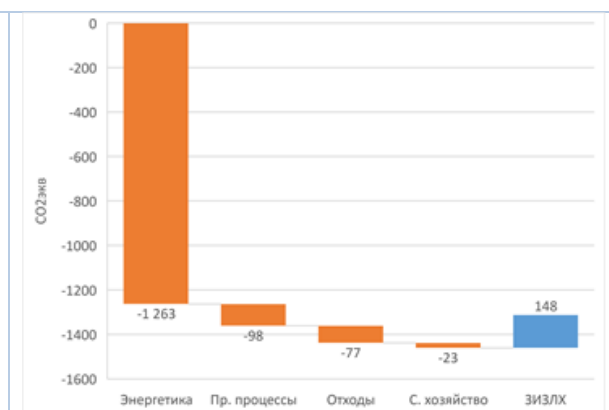
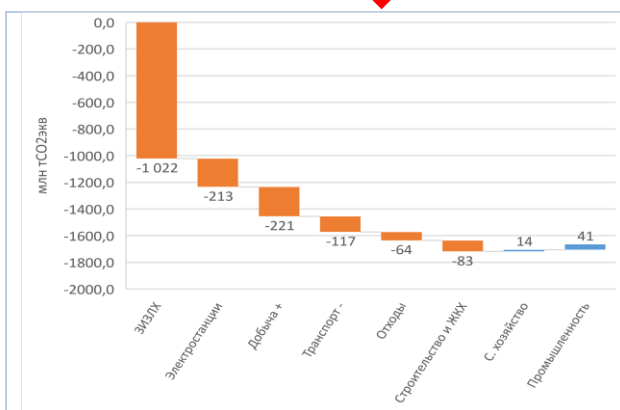
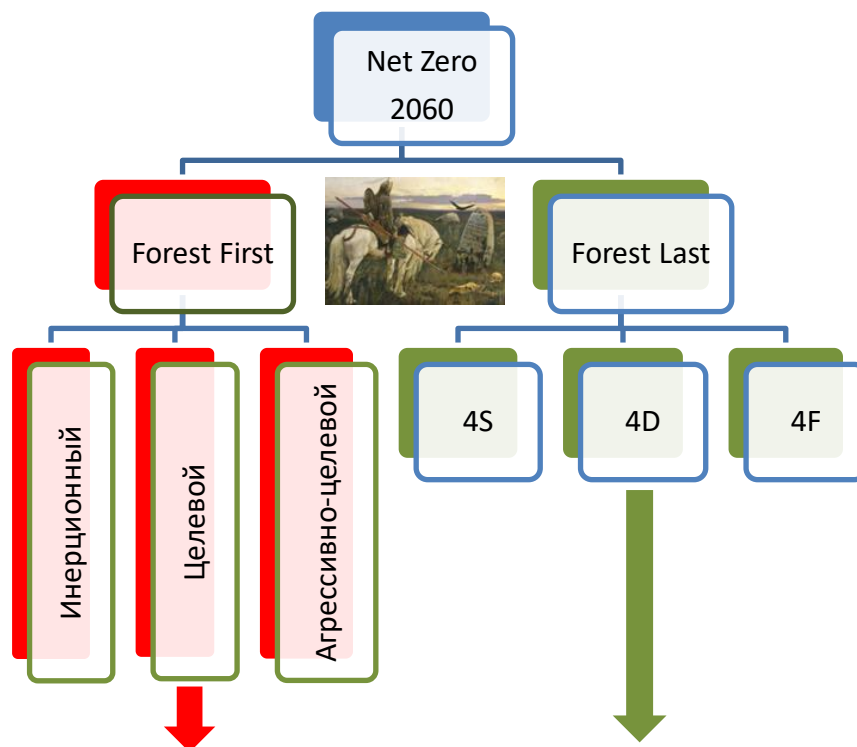
- *Forest First (2F)*. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низкими выбросами парниковых газов до 2050 года. и поддерживающие эту траекторию расчеты ИНП РАН⁴ и ВЭБ делают акцент на удвоение чистого стока CO₂ в ЗИЗЛХ к 2050 г. при скромных сокращениях, или даже наращивании выбросов ПГ в других секторах, замыкающих баланс для достижения углеродной нейтральности к 2060 г. Цель по дополнительной секвестрации в секторе ЗИЗЛХ представляется не просто крайне амбициозной, но и не реализуемой (см ниже). Вся Стратегия практически опирается на одну «лесную» опору, что влечет значительные риски недостижения цели углеродной нейтральности к 2060 г.
- *Forest Last*. Такое видение отражено в работах ЦЭНЭФ-XXI (сценарии 4S, 4D и 4F), экспертов из ВШЭ и РАНХИГС⁵. 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 г.

Налево пойдешь ... *Forest First* найдешь. Эта траектория дает до 2030 г. замораживание выбросов ПГ. 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, на транспорте и нереалистичное снижение выбросов до нуля в секторе отходов (рис. 2).

Рисунок 2. Основная развилка на траекториях достижения углеродной нейтральности

⁴ Порфирьев Б., А. Широ 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>;

⁵ 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>; 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. 2020. The low carbon development options for Russia. Climatic Change. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02780-9> Springer Nature B.V. 2020;



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

2030	-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
2040	- 21% от уровня 2021 г.	- 37% от уровня 2021 г.
2050	- 62% от уровня 2021 г.	- 58% от уровня 2021 г.
2060	-100% от уровня 2021 г.	-75% от уровня 2021 г. по всем ПГ и -100% по нетто-выбросам CO ₂
	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% сельском хозяйстве
	-54% добыча, нефтепереработка, трубопроводы	
	-71% транспорт (кроме трубопроводов)	
	-100% отходы	
Достигается нейтральность по всем ПГ		Достигается нейтральность только по CO₂

* В сельском хозяйстве динамика неясная 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/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060> [Report_CENEF_XXI_0076074542.pdf \(cenef-xxi.ru\)](https://cenef-xxi.ru/articles/russia's-carbon-neutrality:-pathways-to-2060); Bashmakov I. Russia on the way to carbon neutrality: three 'fours' and one 'two'. Neftegazovaya Vertikal. No. 11, 2022. (In Russian); Bashmakov I. Scenarios of Russia's moving towards carbon neutrality. Energobezbepeniye. No. 1, 2023. (In Russian); 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.

Направо пойдешь ... *Forest Last* найдешь. Достижение углеродной нейтральности, которое приводит к 2060 г. к нулевым нетто-выбросам по CO₂ и к снижению нетто-выбросов всех ПГ на 75% к 2060 г. Это снижение происходит во всех секторах относительно плавно. Нетто-стоки в секторе ЗИЗЛХ не растут, а сокращаются (рис. 3.3).

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 т CO₂экв в 2010 г. до 485 млн т CO₂экв в 2021 г. В 2021 г. это снижение стало главным фактором роста нетто-выбросов ПГ в России. В среднем за 11 лет стоки снижались на 19,4 млн т CO₂экв. Сохранение такого тренда приведет к 2060 г. к сокращению стоков на 756 млн т CO₂экв, что превратит этот сектор в значимый источник выбросов – 271 млн т CO₂экв. (756-485). Ранее в качестве базовой линии⁶ использовались оценки на модели РОБУЛ⁷, которые показывали что к 2050 г. ЗИЗЛХ может превратиться в источник выбросов ПГ на уровне 56 млн т CO₂экв., или сток снизится до 277 млн т CO₂-экв. По расчетам В. Короткова на модели СВМ-CFS3 нетто-поглощение CO₂ к 2050 г. не возрастет, а уменьшится до 367 млн т CO₂ в связи с увеличением среднего возраста лесных насаждений.⁸ Однако *Стратегия* полагается на возможность прироста стоков в ЗИЗЛХ на 1200 млн т CO₂ к 2050 г., а в прогнозе ИМП РАН эта логика экстраполируется до 2060 г. с выходом на 1626 млн т CO₂экв. Это означает прирост стоков на 1022 млн т CO₂экв., если использовать оценки ИМП РАН на 2021 г., и на 1141 млн т CO₂экв., 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 CO₂экв. По оценке Центра ответственного природопользования Института географии РАН, за счет снижения пожарной эмиссии, реализации как мер по адаптации ведения лесного хозяйства к изменениям климата, так и лесоклиматических проектов в российских лесах, так за счет изменения методология учета поглощения ими ПГ можно увеличить стоки максимум на 380 млн т CO₂ в год.⁹

По сути, 2F –это сценарии «заброшенной России», покинутой ее населением. По данным Рослесинфорга, чтобы поглотить 1 т углерода (3,7 тCO₂), нужно, чтобы посаженный на площади 2,5 га лес достиг возраста 10 лет. То есть отношение равно 1 тCO₂/0,68 га. По другим данным для зрелого леса при нынешней породно-возрастной структуре в России для поглощения 1 т углерода требуется 0,56 га¹⁰, или 1т CO₂/0,15 га. Тогда, чтобы увеличить

⁶ 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>.

⁷ 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

⁸ [Сколько CO₂ поглощают российские леса и сколько они еще могут поглотить? \(climate-change.moscow\)](https://climate-change.moscow)

⁹ 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

¹⁰ 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. Kraхne.

стоки на 1260-1900 млн CO₂ нужно засадить лесами 857-1292 млн га по оценке Рослесинфорга и 189-285 млн га по альтернативной оценке. 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.¹¹ То есть для движения по траектории 2F нужно значительную часть или все сельхозугодья, а также часть других земель, где лес просто не растет, засадить лесами.

Несколько замечаний по поводу сценарных траекторий движения к углеродной нейтральности разработанных ИПП РАН.¹² Первое. Рассмотренный ИПП 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 г. (данных до 2060 г. для этого сценария в статье нет). Среднегодовые темпы роста потребления домашних хозяйств растут еще более значительно - на 0,8% в год. Это важный результат – **оказывается, по мнению ИПП РАН, достичь углеродной нейтральности можно даже к 2050 г. при ускорении экономического роста.** Инвестиции в декарбонизацию достигают 3,5% от ВВП. Модельный аппарат, видимо, не использует 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 оценить изменение общей инвестиционной нагрузки нет возможности. 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 не ясно, 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 г.* 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 г. равен 1,7% от ВВП. Как этот вывод получен не ясно. Оценка потенциального роста ВВП на уровне 2,6% в год для этого сценария для России, которая сталкивается с острым дефицитом рабочей силы на всем горизонте до 2060 г. и в последние 15 лет имеет отрицательные значения многофакторной производительности, явно завышена¹³. Среднегодовые темпы роста ВВП в 2008-2022 г. не превышали 1%, а ИПП РАН даже для Инерционного сценария закладывает 1,5%.

Третье. Авторы указывают, что при подготовке сценариев до 2060 г. 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

Russian forest sequesters substantially more carbon than previously reported. Scientific Reports | (2021) 11:12825 | <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92152-9>

¹¹ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ) ДОКЛАД о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. Москва 2022.

¹² Шишов 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.

¹³ Башмаков И. Распределительные эффекты от мер по декарбонизации экономики России. ЦЭНЭФ-XXI. Москва. Октябрь 2023 г. <https://cenef-xxi.ru/articles/distributional-effects-of-expected-climate-mitigation-policies-in-russia>; 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.

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 не пригодна поскольку:

- Оценивает только агрегированными стоимостными параметрами; не отражает эволюции технологий ни по секторам, ни по видам экономической деятельности, ни по видам углеродоемкой продукции, зданий, или транспортных средств в то время, как именно эволюция технологической базы является ключом декарбонизации;
- Не отражает параметров ценовой эластичности, 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 форме снижения спроса, ни реакциям производителей в форме 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. Для иллюстрации используем следующий пример. Для производства оборудования нужен металл. Это может быть 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, которую использует ИПП РАН, технологические коэффициенты не меняются, а значит оборудование подорожает на 50 тыс. руб. ($0,1 \cdot (750 - 250)$). В реальной жизни при жесткой конкуренции на рынке оборудования производитель поменяет технологию и откажется от использования алюминия, при умеренном росте затрат - повышение цены будет ограничено 3 тыс. руб. ($0,4 \cdot 70 - 0,1 \cdot 250 = 3$).

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 г. Во-первых, обычно оценивают приростные капитальные вложения поскольку инвестиции делаются не только ради снижения выбросов ПГ, но в основном ради выработки электроэнергии, производства продукции и транспортной работы, строительства жилья и др. 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 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 г. по некоторым технологиям и зданиям в течение десятков лет. Так что приведенные в работе ИПП 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.

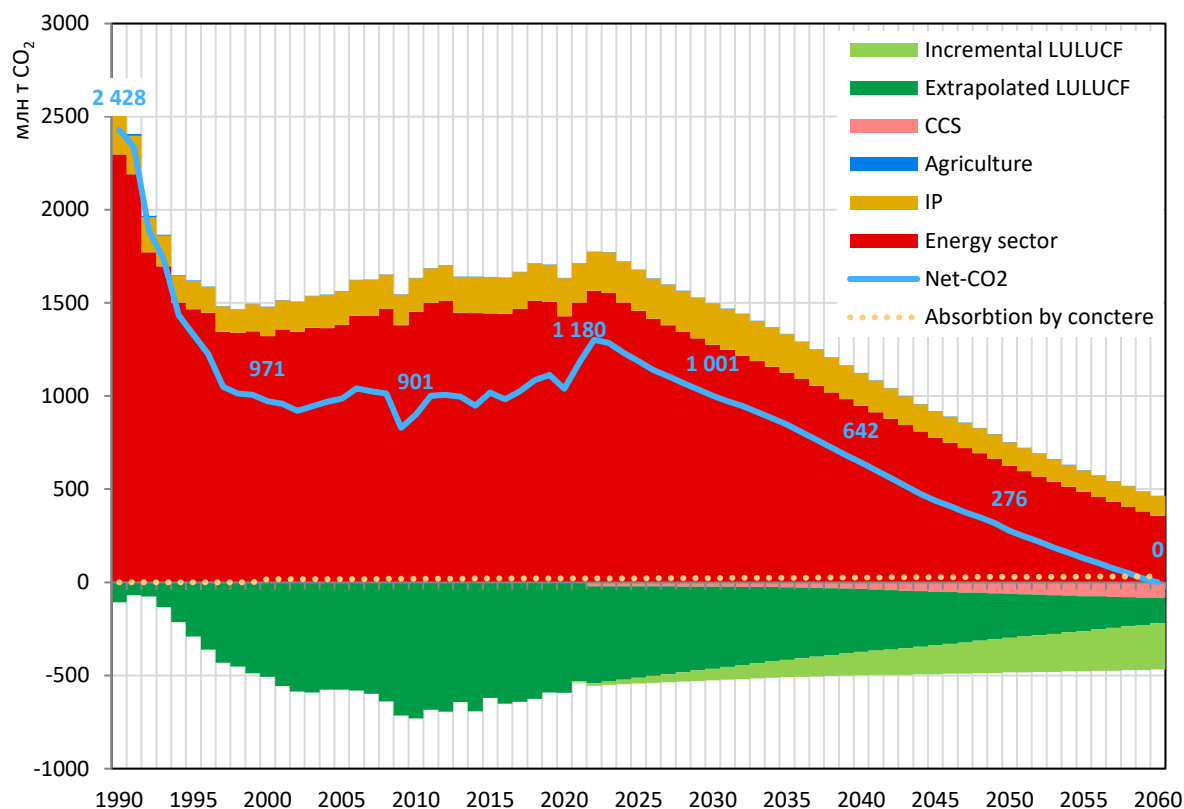
Целевые индикаторы

Дорожная карта (roadmap) – это план по достижению цели или достижению заданного видения будущего.¹⁴ В данной работе видение будущего – это сценарий *4D* из группы сценариев *Forest Last* (рис. 2). Его параметры в плане роста экономики, изменения структуры используемых технологий, динамики и структуры выбросов ПГ, оценки

¹⁴ [ROAD MAP | English meaning - Cambridge Dictionary.](#)

распределительных эффектов от мер политики декарбонизации подробно описаны в серии работ ЦЭНЭФ-XXI.¹⁵ Итоговые траектории динамики выбросов всех ПГ и только CO₂ по основным секторам выбросов, отражаемых в национальной инвентаризации ПГ показана на рис. 3 и 4 с определением вех по десятилетиям. Нетто баланс выбросов и стоков к 2060 г. достигается только по CO₂. По всем ПГ нетто-выбросы сокращаются на 91% от уровня 1990 г. и остаются положительными.

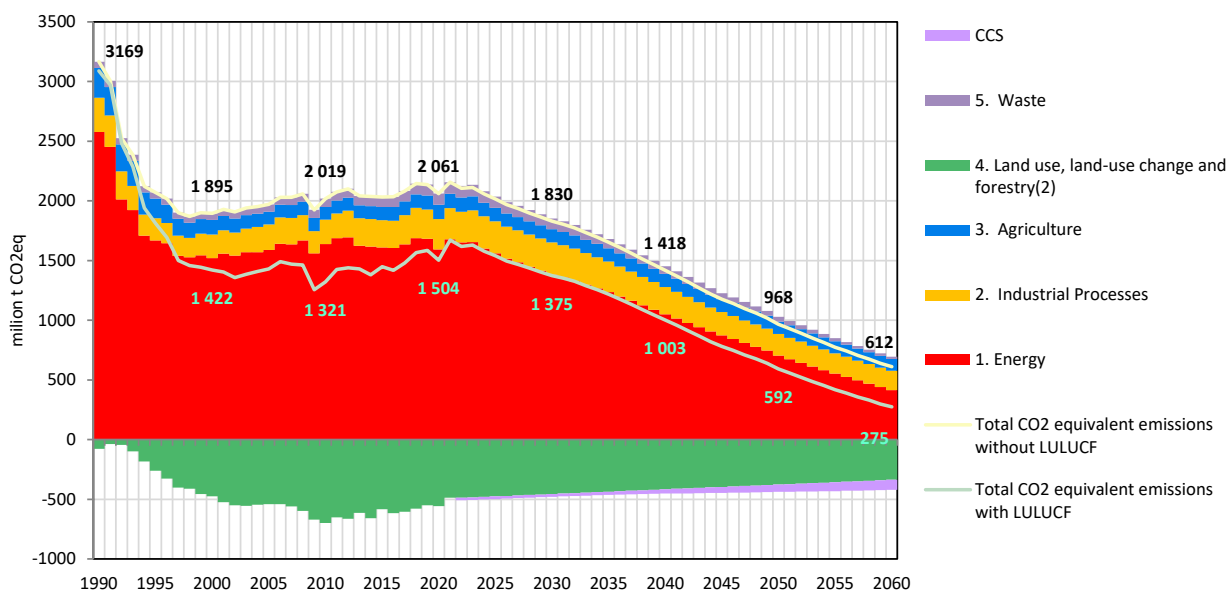
Рисунок 3. Динамика выбросов CO₂ по секторам при достижении углеродной нейтральности



Источник: расчеты авторов

Рисунок 4. Динамика выбросов ПГ по секторам

¹⁵ 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/](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; 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/>; 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).

























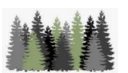





Источник: расчеты авторов

Снижение нетто-выбросов предполагается уже к 2030 г. и затем происходит постепенно по близкой к линейной траектории. При этом стоки в секторе ЗИЗЛХ постепенно сокращаются, а усилия в этом секторе позволяют частично (на 248 млн т CO₂) компенсировать потери стоков (на 396 млн т CO₂). Снижение выбросов происходит во всех секторах.

Рисунок 5. Целевые показатели снижения выбросов ПГ и CO₂ для сценария 4D

	2021	2030		2040	2050	2060	
Нетто-выбросы всех ПГ млн тCO ₂ ЭКВ	1504	1375	-9%	1003	592	275	-72%
Нетто-выбросы CO ₂ , млн тCO ₂	1180	1001	-15%	642	276	0	-100%
Выбросы в секторе «энергетика» млн тCO ₂	1501	1275	-15%	932	618	353	-76%
Производство электроэнергии млн тCO ₂	557	482	-13%	371	243	117	-79%
Производство тепловой энергии млн тCO ₂	355	315	-11%	280	228	174	-51%
Промышленность и строительство млн тCO ₂	344	243	-29%	141	74	49	-86%

Транспорт млн тCO ₂	264	207	-22%	149	96	60	-77%
							
Здания млн тCO ₂	190	188	-11%	167	137	108	-43%
							
Сельское хозяйство млн тCO ₂	27	26	-4%	21	20	15	-44%
							
Коммунальный сектор	9	6	-33%	3	1,4	0,3	-97%
Промышленные процессы млн тCO ₂	210	220	+5%	176	126	107	-49%
							
ЗИЗЛХ млн тCO ₂	-532	-510	-4%	-479	-447	-415	-22%
							
CCUS млн тCO ₂				8	31	52	
							

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.