2 Антропогенные выбросы парниковых газов. Источники, тренды и драйверы. Ретроспективный анализ

Координирующие лидирующие авторы:

Башмаков И.А. и Юлкин М.А.

Лидирующие авторы:

Лебедев О.В., Лунин А.А., Макаров И.А., Мышак А.Д., Трофименко Ю.В., Шварц Е.А.

Для цитирования: Башмаков И.А., Юлкин М.А., Лебедев О.В., Лунин А.А., Макаров И.А., Мышак А.Д., Трофименко Ю.В. и Шварц Е.А. 2027. Антропогенные выбросы парниковых газов. Источники, тренды и драйверы. Ретроспективный анализ. В кн.: Россия в условиях зеленой технологической революции. Стагнация или смена драйверов роста? 2027. Москва.

2.1 Динамика и структура выбросов ПГ

Формулирование количественных целей по контролю за выбросами ПГ и мониторинг их достижения требуют создания надежной и эффективной системы учета выбросов – кадастра (инвентаризации) ПГ. Поэтому важным обязательством по Киотскому протоколу для развитых стран (стран Приложения I) стало налаживание учета антропогенных выбросов ПГ и абсорбции поглотителями ПГ во всех секторах, который должен быть отражен в национальном кадастре (инвентаризации) ПГ. В 2004 г. Россия ратифицировала Киотский протокол и в соответствии с его требованиями создала[1] национальную систему кадастра, результаты которого ежегодно отражаются в *Национальном докладе о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом* (далее – НДК). Его итоги ежегодно представляются в РКИК ООН. Приказом Росгидромета в 2006 г. был утвержден «*Порядок формирования и функционирования российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов*»,[2] согласно которому методическое руководство этой работой и подготовка самого кадастра были поручены ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля» (ФГБУ «ИГКЭ»). Данные кадастра представляются как в форме отчета, так и в форме большого набора электронных таблиц, содержащих детальную информацию по расчетам объемов выбросов и абсорбции ПГ по пяти секторам (энергетика, промышленные процессы, сельское хозяйство, ЗИЗЛХ и отходы) и по набору ПГ, указанных в Приложении «А» Киотского протокола (CO_2, CH_4, N_2O, гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы (SF_6), трифторид азота (NF_3), а также газы с косвенным парниковым эффектом – оксиды азота (NO_X), моноксид углерода (CO) и диоксид серы (SO_2)). Кадастр формируется на основе *Методических рекомендаций МГЭИК (2006)*, которые время от времени уточняются (IPCC, 2019), и отражается в унифицированных для всех стран электронных таблицах. Эксперты ООН с определенной периодичностью проводят экспертизу данных национальной инвентаризации.

Статья 13 Парижского соглашения вводит новый инструмент отчетности – Расширенные рамки прозрачности (*Enhanced Transparency Framework, ETF*) – Двухгодичный доклад о прозрачности (*Biennial Transparency Report, BTR*), который помимо НДК должен содержать данные о прогрессе в достижении ОНУВ, о реализуемых мерах политики, о последствиях изменения климата и адаптации и о финансовой поддержке в области передачи технологий и укрепления потенциала, предоставляемой развивающимся странам.[3]

Россия накопила 20-летний опыт формирования кадастров антропогенных выбросов и стоков ПГ. Первый официальный НДК был подготовлен и представлен в секретариат ООН в 2007 году, последний – в 2026 г. На самом деле, первые попытки провести инвентаризацию выбросов CO_2 в секторе энергетика были реализованы еще для СССР (Bashmakov, 1992). Была также проведена серия работ по инвентаризации выбросов ПГ по отдельным субъектам РФ

[1] Распоряжениями Правительства Российской Федерации от 1 марта 2006 г. № 278-р3 «О мерах по созданию российской системы оценки антропогенных выбросов в целях реализации Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (с изменениями и дополнениями)» и от 15 мая 2017 г. № 930-р «О внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 1 марта 2006 г. № 278-р».

[2] Приказ Росгидромета от 30 июня 2006 г. № 141 «Об утверждении Порядка формирования и функционирования российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов».

[3] ООН. Парижское Соглашение. https://www.kontur-extern.ru/info/normativ/document/1/410791-parizhskoe-soglashenie

(Башмаков и Грицевич, 1998; Сафонов, 1999; Башмаков, Грицевич и Колесов, 2000, Грицевич и Кокорин, 2000; Шульц, 2000; Грицевич, 2002; Грицевич и др. 2002; Грицевич и Колесов, 2003). И только потом с использованием этого опыта появился национальный кадастр.

Одним из важнейших итогов работы Консорциума 6 «Антропогенные выбросы: кадастр» в рамках первого этапа выполнения важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИП ГЗ) стало резкое снижение нетто-выбросов ПГ в НДК 2024 г. С 2023 г. в Российской Федерации реализуется ВИП ГЗ[4] по созданию Единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ. ФГБУ «ИГКЭ» возглавил Консорциум 6 и стал ответственным исполнителем работ по техническому перевооружению и цифровизации Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов.

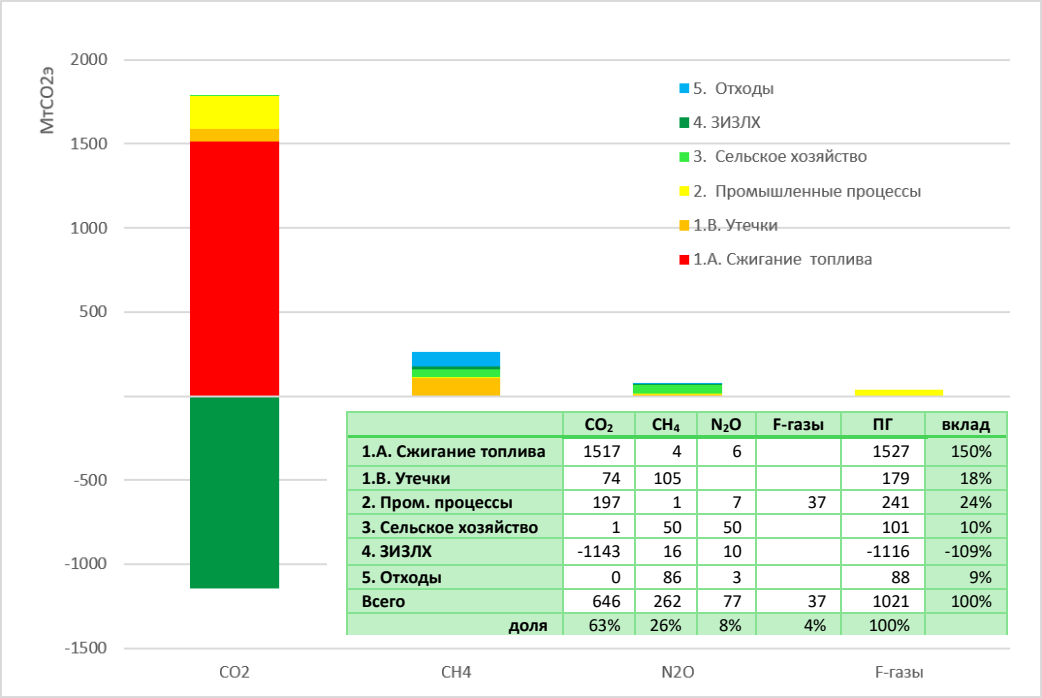
В НДК 2026 года значение нетто-выбросов ПГ для России за 2024 год равно 1021 МтCO$_2$э.[5] Согласно данным инвентаризации 2026 г., нетто-выбросы ПГ в России в 2024 году были на 58,4% ниже уровня 1990 г., а нетто-выбросы CO_2 – на 64,6% ниже. Распределение выбросов по основным ПГ и по основным секторам в 2024 г. показано на рис. 2.1. На долю CO_2 приходится 63% нетто-выбросов. Выбросы от сектора «энергетика» (по классификации МГЭИК) на 58% превышают нетто-выбросы. Выбросы от этого сектора, а также от промышленных процессов, сельского хозяйства и отходов (в сумме – 2,14 ГтCO$_2$э) на 52% компенсируются стоками в секторе ЗИЗЛХ в объеме свыше 1 Гт CO_2э.

Россия внесла самый существенный вклад в сдерживание роста глобальных выбросов ПГ в 1990-2024 гг., кумулятивно равный годовому объему мировых антропогенных выбросов ПГ. Это означает, что одна только Россия задержала процесс глобального потепления на 1 год. Если бы выбросы ПГ России оставались на уровне 1990 г., то суммарно за 1990-2024 гг. они бы на 57 Гт CO_2э превысили значение, равное суммарным фактическим нетто-выбросам ПГ за эти же годы (рис. 2.2). В 2024 г. глобальные выбросы ПГ составили 53,2 ГтCO$_2$э без учета ЗИЗЛХ (EDGAR, 2025) и 57,7 ГтCO$_2$э, включая ЗИЗЛХ (UNEP, 2025).

[4] Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2022 г. № 3240-р «Об утверждении важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» и плана мероприятий («дорожной карты») по реализации первого этапа (2022–2024 гг.) важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».
https://unfccc.int/files/national_reports/initial_reports_under_the_kyoto_protocol/application/pdf/initial_report_russia.pdf

[5] https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NID_2026_vol1.pdf

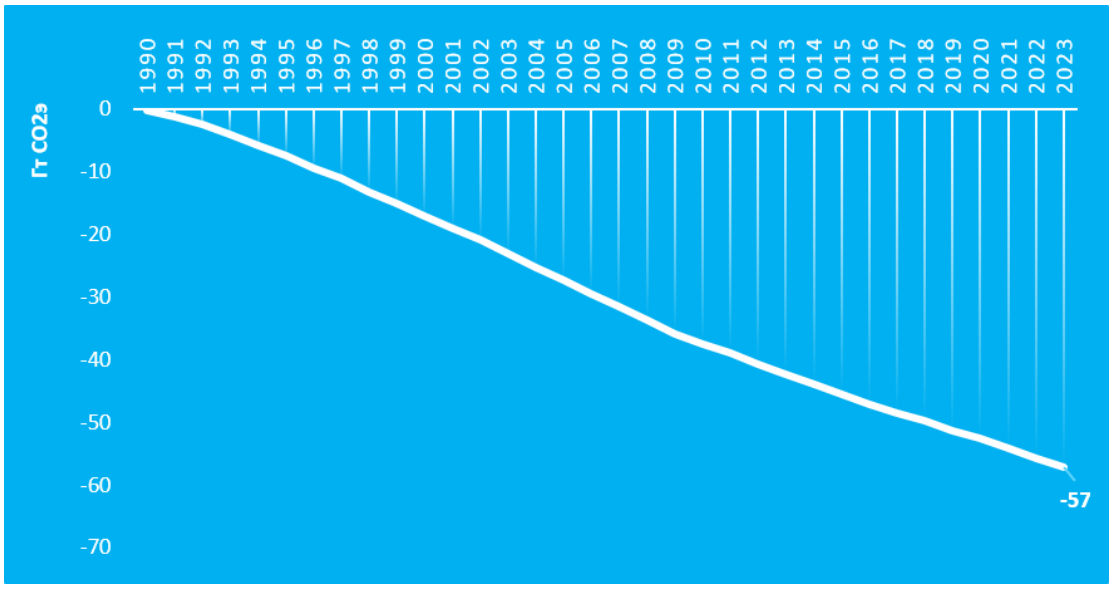
Рисунок 2.1 Структура антропогенных выбросов и поглощений ПГ в России в 2024 г.



	CO_2	CH_4	N_2O	F-газы	ПГ	вклад
1.A. Сжигание топлива	1517	4	6		1527	150%
1.B. Утечки	74	105			179	18%
2. Пром. процессы	197	1	7	37	241	24%
3. Сельское хозяйство	1	50	50		101	10%
4. ЗИЗЛХ	-1143	16	10		-1116	-109%
5. Отходы	0	86	3		88	9%
Всего	646	262	77	37	1021	100%
доля	63%	26%	8%	4%	100%	

Источник: построено авторами по данным Национального доклада о кадастре 2026 г.

Рисунок 2.2 Кумулятивное снижение антропогенных нетто-выбросов ПГ в России в 1990-2024 гг.

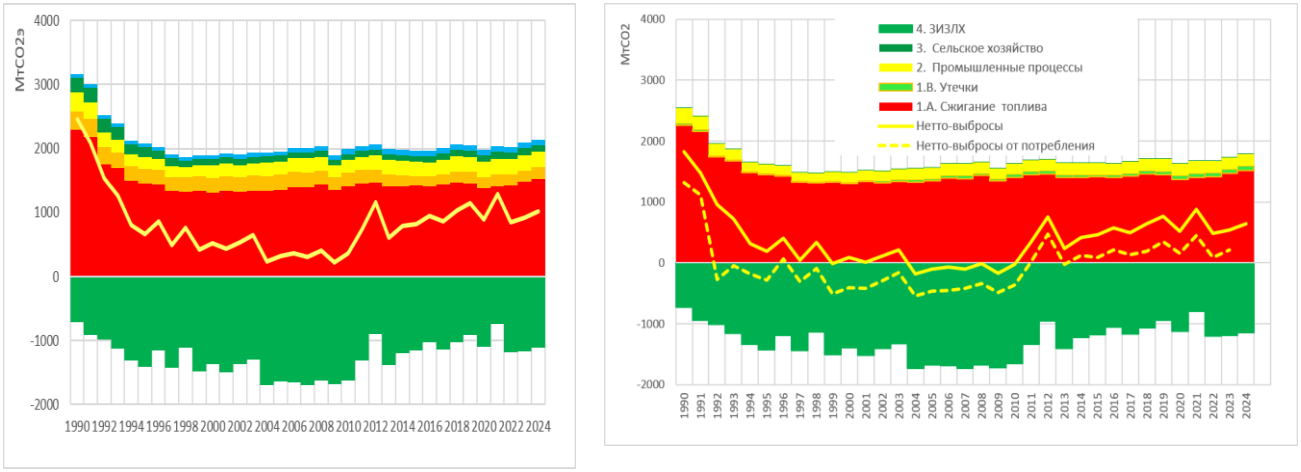


Источник: построено авторами по данным НДК 2026 г.

Согласно данным последней инвентаризации, Россия на протяжении восьми лет (в 2003-2010 гг.) уже была углеродно-нейтральной. Однако феномен углеродной нейтральности в 2003-2010 гг. обнаружился только в 2024 году, после того как данные национального кадастра о выбросах и поглощении ПГ были пересмотрены. Углеродная нейтральность означает, что

выбросы CO_2 равны их стокам (абсорбции поглотителями). Согласно НДК 2026 г. получается, что в 2003-2010 гг. нетто-выбросы CO_2 России были отрицательными (см. рис. 2.3). Нетто-выбросы всех ПГ оставались положительными, но в 2009 г. оказались на 91% ниже уровня 1990 г. В 2024 г. разрыв с уровнем 1990 г. уже сократился до 58%, но все еще превышал снижение в Германии (45%) или Великобритании (53%). Однако при сохранении сложившихся трендов Россия может потерять лидирующие позиции уже в ближайшие годы.

Рисунок 2.3 Динамика антропогенных выбросов и поглощений ПГ в России в 2024 г.



а) все ПГ б) CO2

Источник: построено авторами по данным НДК 2026 г.

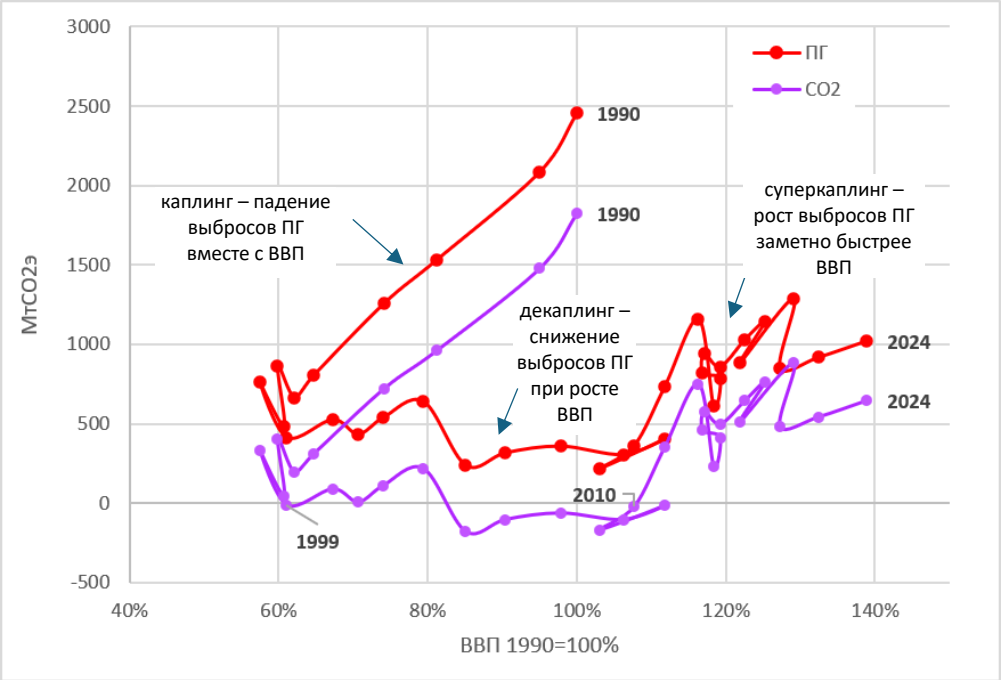
В 1990–1998 гг. снижение выбросов ПГ было вызвано в основном тяжелой рецессией 1990-х годов. Однако ближе к концу 1990-х негативный тренд удалось переломить, и российская экономика снова пошла в рост. К этому моменту нетто-выбросы ПГ в России без учета ЗИЗЛХ сократились на 40%, а с учетом ЗИЗЛХ – более чем в 4 (!) раза, или на 78,6%.

В 1999-2010 гг. Россия продемонстрировала способность почти удвоить ВВП при снижении нетто-выбросов ПГ. Период после 1990 г. можно разбить на три части (см. рис. 2.4): каплинг (однонаправленная динамика) в 1990-1998 гг., когда падение ВВП сопровождалось снижением нетто-выбросов ПГ, в т.ч. за счет роста стоков в ЗИЗЛХ; декаплинг (разнонаправленная динамика) в 1998-2010 гг., когда интенсивный и динамичный рост ВВП компенсировался динамичным повышением энергоэффективности и снижением углеродоемкости энергии при ограниченном влиянии прироста стоков в ЗИЗЛХ и не сопровождался ростом выбросов ПГ; суперкаплинг (рост выбросов ПГ, заметно опережающий рост экономики) в 2010-2024 гг., когда ВВП в среднем рос на 1,8% в год, а нетто-выбросы ПГ выросли в 2,8 раза, то есть в среднем росли почти на 8% в год.

После 2010 г. медленный и полностью экстенсивный рост ВВП вытолкнул Россию из зоны углеродной нейтральности, и к 2024 г. нетто-выбросы уже прошли почти полпути назад к уровню 1990 г. В значительной степени это произошло за счет стагнации энергоэффективности при медленном прогрессе в декарбонизации энергии (см. раздел 2.6). На снижение нетто-стоков в ЗИЗЛХ пришлось 77% прироста нетто-выбросов после 2010 г., а остальное – на рост выбросов в других секторах. Пересчет оценок стоков в этом секторе помог существенно снизить уровень нетто-выбросов, но… после 2010 г., оттолкнувшись от этого нового уровня, нетто-сток в ЗИЗЛХ стал быстро сокращаться. К 2024 г. снижение составило огромную (равную трети выбросов ПГ от сжигания топлива) величину – 510 $МтСО_2э$, или в

среднем 36,4 МтCO₂э в год. При сохранении такой динамики нетто-сток в ЗИЗЛХ может полностью исчезнуть к 2054 г. Правда, в 2012-2024 гг. размер нетто-стока в ЗИЗЛХ стабилизировался, а дальнейшая его динамика остается неопределенной.

Рисунок 2.4 Динамика антропогенных нетто-выбросов ПГ и ВВП в России в 1990-2024 гг.



Источник: построено по данным НДК 2011-2026 гг. и Росстата.

2.2 Как Россия на время стала углеродно-нейтральной?

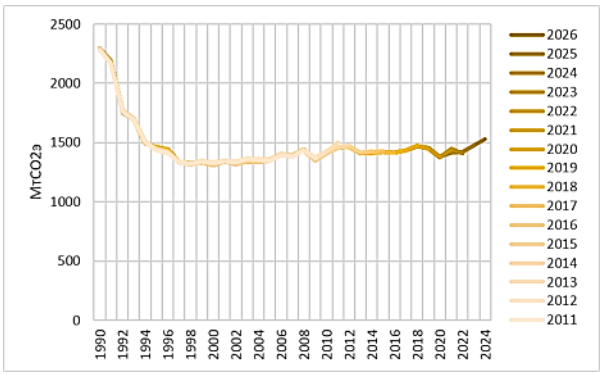
В ежегодных НДК самыми стабильными являются оценки выбросов ПГ от сжигания топлива, а самыми неустойчивыми – оценки нетто-выбросов в секторе ЗИЗЛХ. Ответ на вопрос в заголовке этого раздела дает изучение дрейфа оценок выбросов и абсорбции ПГ в разных секторах. Для анализа использованы данные 16 национальных кадастров за 2011-2026 годы с окончанием временных выборок в 2009-2024 гг. (см. рис. 2.5). Нетрудно заметить, что данные о выбросах ПГ даже без учета сектора ЗИЗЛХ существенно различаются, а данные по самому сектору ЗИЗЛХ сильно скачут. Четко прослеживается тенденция: чем дальше в историю уходит от нас 1990 г., тем больше поглощений CO_2 в секторе ЗИЗЛХ за этот год мы обнаруживаем. Дрейф коэффициентов может объясняться следующими причинами: переход от использования вмененных коэффициентов выбросов и стоков уровней 1 к коэффициентам уровней 2 и 3 (МГЭИК, 2006); уточнение коэффициентов уровней 1 и 2 МГЭИК (IPCC, 2019); уточнение данных о масштабе деятельности, в том числе за счет смены источника данных; изменения коэффициентов перевода выбросов отдельных ПГ в CO_2э.[6]

Разница между максимальными и минимальными оценками выбросов от сжигания топлива по всей выборке не превышала 26 МтCO₂э, или 2%. По фугитивным выбросам разница была многократно выше – 763 МтCO₂э (пересмотр кадастра в 2018 г.). В итоге оценки выбросов за 2014 г. в кадастре 2026 г. оказались в 5,6 раз ниже, чем в кадастре 2016 г. Снижение

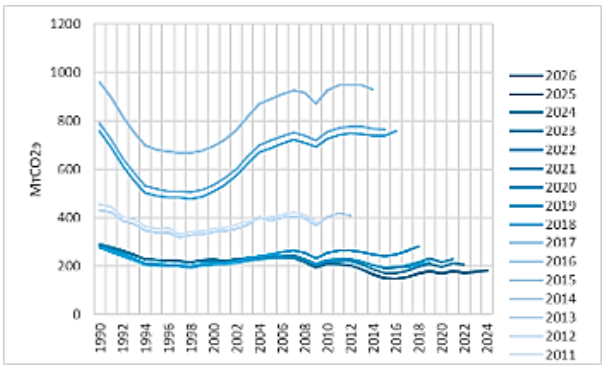
[6] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 04.04.2025 № 805-р.

оценок фугитивных выбросов продолжается и в кадастрах последних лет на фоне роста коэффициентов глобального потепления для метана, который должен был бы двигать эти оценки вверх. Максимальный пересмотр оценок выбросов от промышленных процессов получен для 2012 г. В НДК 2014 г. они были на 42 $МтCO_2э$ ниже, чем в НДК 2023 г. В НДК за 2023-2026 гг. оценки, соответствующие 2012 г., были несколько снижены. Оценки выбросов от сельского хозяйства устойчиво сокращались, а максимальный пересмотр – 93 $МтCO_2э$ – был проведен для выбросов за 1990 г. (40% от уровня инвентаризации за 1990 г., указанного в кадастре 2026 г.). В кадастре 2026 г. были максимально пересмотрены значения в секторе «отходы» для 2016 г. – на 33,6 $МтCO_2э$ по сравнению с кадастром 2018 г. Это больше диапазона пересмотров для сжигания топлива.

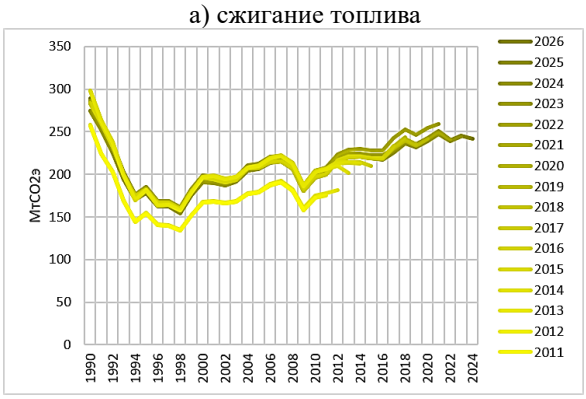
Рисунок 2.5 Результаты пересмотра выбросов и абсорбции ПГ в России в инвентаризациях разных лет



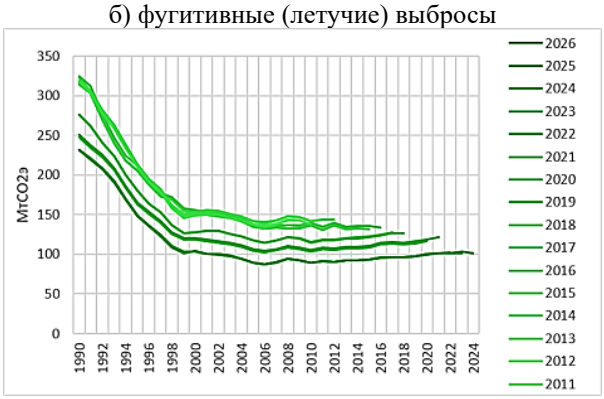
а) сжигание топлива



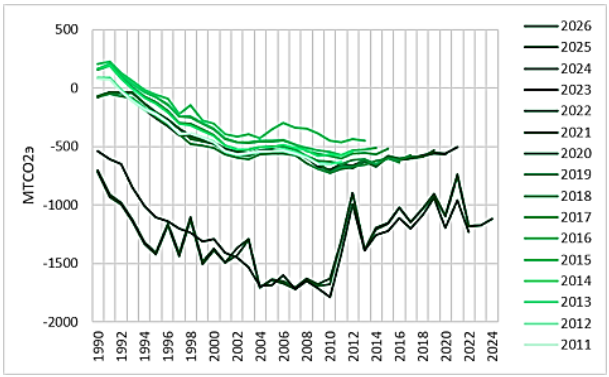
б) фугитивные (летучие) выбросы



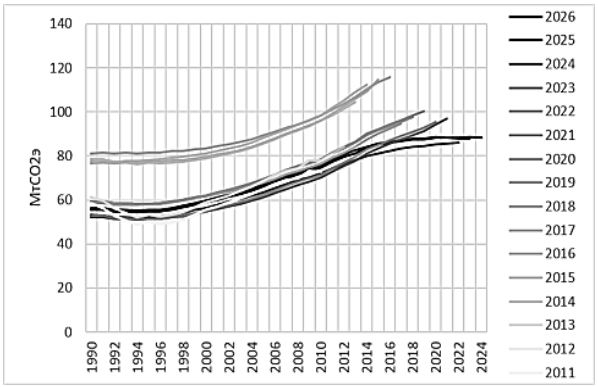
в) промышленные процессы



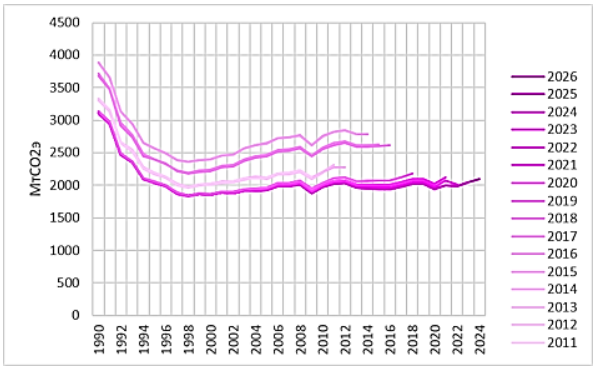
г) сельское хозяйство



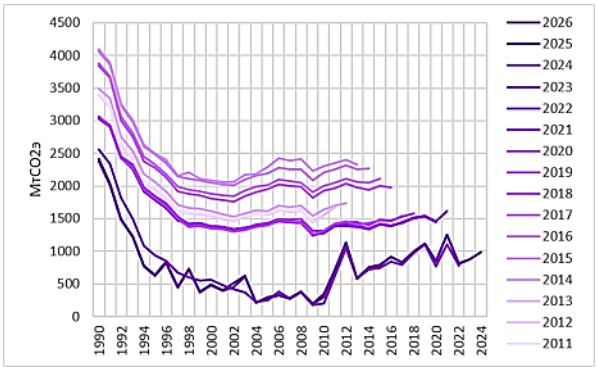
д) ЗИЗЛХ



е) отходы



ж) всего, без учета ЗИЗЛХ



з) всего, включая ЗИЗЛХ

Источник: построено по данным НДК 2011-2026 гг.

Пересмотры объемов выбросов ПГ в отдельных секторах значительны, но они меркнут на фоне пересмотров оценок нетто-выбросов в секторе ЗИЗЛХ, которые достигли планетарного масштаба. Для 2007 г. оценка нетто-стока в инвентаризации за 2026 г. оказалась на 1377 МтCO₂э, или в 4 раза, выше значения в кадастре 2015 г. Что такое 1377 МтCO₂э? Это 2,4% всех глобальных антропогенных выбросов в 2024 г. Это превышает объем выбросов в любой стране мира, за исключением Китая, США и Индии (Crippa et al., 2025), и на 35% превышает оценку суммарных нетто-выбросов России за 2024 г. Как же такое произошло? Согласно новой методике НДК, изменение запаса углерода в живой биомассе на единицу площади лесных земель в России в 2022 г. оказалось равно 0,353 т С/га (НДК, 2024). В инвентаризации за 2021 г. этот показатель был равен 0,183 т С/га (НДК, 2023). То есть произошел рост в 1,9 раза. Пересмотр только одного этого коэффициента дал прирост оценок нетто-стоков в живой биомассе лесов за 2021 г. на 131,7 млн тонн углерода, или на 483 млн тCO₂ и обеспечило более 80% прироста нетто-стоков в ЗИЗЛХ за счет пересмотра всех параметров инвентаризации. Сорокина и др. (2023) отмечают, что оценка лесного углеродного баланса России имеет большое значение для выстраивания климатической политики.

Эксперты Секретариата РКИК ООН провели техническую экспертизу кратного пересмотра нетто-стоков в ЗИЗЛХ по итогам работы Консорциума 6 в рамках ВИП ГЗ и признали их обоснованными. Новые национальные коэффициенты и методические подходы были приняты и подтверждены и отмечена достаточность доказательной базы и репрезентативность использованных данных. Тем не менее, как в международном, так и в российском экспертных сообществах продолжаются дискуссии в отношении обоснованности удвоения показателей нетто-поглощения углерода в ЗИЗЛХ при отсутствии радикального изменения практик лесопользования. Один из аргументов – сравнение с удельными показателями изменения запаса углерода в живой биомассе на единицу площади лесных земель в странах со сходным климатом и лесным покровом (данные за 2022 г.): Канада – 0,147 т С/га, Финляндия – 0,157 т С/га, Швеция – 0,165 т С/га. Однако в кадастре новая оценка получена не умножением указанного выше коэффициента на площадь лесов, а с применением комплекса методологических изменений, включая изменение источников данных (НДК-2026, Том 1, стр. 265-374). Платой за увеличение объема нетто-стока в секторе ЗИЗЛХ по новой методике стало кратное увеличение скорости его снижения. Если по старой методике в 2010-2021 гг. он сокращался на 17,4 МтCO₂э в год, то по последней инвентаризации – в 2010-2024 гг. – на 34 МтCO₂э. Правда, после 2012 г. это снижение остановилось.

Максимальный разрыв между верхними и нижними оценками нетто-выбросов ПГ в России отмечен для 1995 г. – 1,9 ГтCO₂э (3,3% глобальных антропогенных выбросов

2024 г.).[7] Верхнее значение было дано в НДК 2015 г., а нижнее – 10 лет спустя – в НДК 2025 г. В 2011-2015 гг. корректировка нетто-выбросов двигалась вверх, но затем оценки стали снижаться: сначала на «скромные» 667 МтCO$_2$э в 2015-2021 гг., а затем еще на 1216 МтCO$_2$э (рис. 2.5з). Без учета сектора ЗИЗЛХ максимальный разрыв между верхними и нижними оценками нетто-выбросов ПГ в России отмечен для 2014 г. – 833 МтCO$_2$э. Основное снижение произошло за счет фугитивных выбросов при пересмотре кадастров в 2017-2019 гг. (рис. 2.5ж).

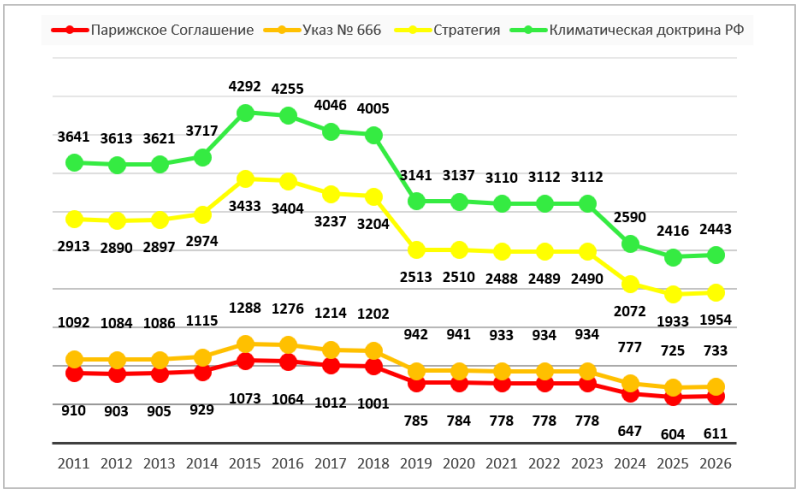
Точный кадастр – это база для определения уровня амбиций в выборе мер по митигации. Существенный дрейф оценок нетто-выбросов ПГ за 1990 г. имеет большое значение, поскольку при формировании целевых заданий по контролю за выбросами ПГ Россия в качестве базового года выбрала 1990 г. Уровень 1990 г. сначала вырос с 3,4 до 4,1 ГтCO$_2$э в инвентаризациях 2011-2015 гг., а затем снизился до 2,4 ГтCO$_2$э в инвентаризации 2026 г. В итоге снижение составило 1 ГтCO$_2$э. По данным кадастра 2026 г., снижение выбросов ПГ в 1990-2024 гг. составило 1,4 ГтCO$_2$э. Таким образом, снижение за счет пересмотров кадастра сопоставимо со снижением за счет всех реальных факторов в 1990-2024 гг.

Пересмотры данных национального кадастра за базовый 1990 г. и изменение границ охвата выбросов[8] создают парадокс: необходимые для реализации целевой установки достижения углеродной нейтральности объемы сокращения выбросов ПГ постоянно снижаются и являются движущейся мишенью, попасть в которую все легче. . **Пересмотры кадастра не должны становиться оправданием для отказа или отсрочки реализации мер по митигации.** На рис. 2.6 показана эволюция значений четырех целевых установок по контролю за выбросами ПГ. Все эти цели сформулированы относительно уровня 1990 г. По Парижскому соглашению Россия взяла на себя обязательство удерживать выбросы в 2030 г. на 20-25% ниже значения 1990 г. По Указу Президента Российской Федерации № 666 от 4 ноября 2020 г. выбросы в 2030 г. должны быть на 30% ниже уровня 1990 г. Целевая установка *Стратегии социально-экономического развития РФ с низкими выбросами ПГ до 2050 года* – снизить нетто-выбросы на 80% от уровня 1990 г. и на 60% по сравнению с уровнем 2019 года. Наконец, *Климатическая доктрина РФ* формулирует цель следующим образом: *достижение баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением*. Иными словами, нетто-выбросы ПГ должны стать нулевыми. Результативность реализации мер по контролю за выбросами оценивается в тоннах CO$_2$э. Удельные затраты на снижение выбросов оцениваются в расчете на 1 тCO$_2$э, а значит, суммарные затраты зависят от объема снижения выбросов. Если в соответствии с НДК 2015 г. для достижения углеродной нейтральности потребовалось бы реализовать пакет мер политики, позволяющий снизить нетто-выбросы на 4,3 ГтCO$_2$э, то согласно НДК 2026 г. – уже только на 2,4 ГтCO$_2$э

[7] Crippa et al., 2026.

[8] При определении цели по Киотскому протоколу на 2008-2012 гг. не учитывались выбросы и поглощения ПГ от ЗИЗЛХ. См. https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-kyoto-protocol/first-commitment-period/kyoto-protocol-base-year-data-for-the-first-commitment-period-of-the-kyoto-protocol

Рисунок 2.6 Изменение целевых объемов снижения нетто-выбросов ПГ за счет дрейфа оценок за базовый 1990 год ($МтCO_2э$)*



* Каждая точка на рисунке показывает объемы снижения нетто-выбросов ПГ, необходимые для достижения целевых установок, сформулированных в разных нормативных документах. Значения изменяются за счет дрейфа оценок выбросов в 1990 г. в НДК за разные годы.

Источник: построено авторами по данным Национальных докладов за 2011-2026 гг.

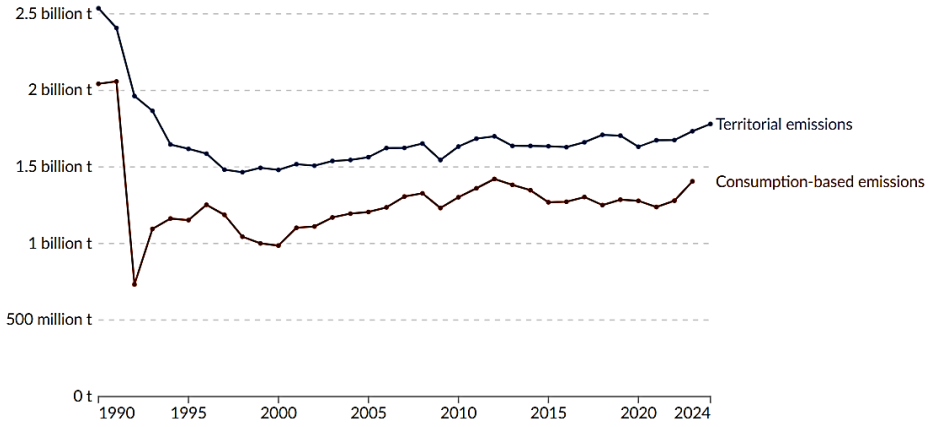
2.3 Выбросы от производства и выбросы от потребления

Учет выбросов по потреблению (*carbon footprint*) может позволить разработать более действенные стратегии смягчения изменения климата, если использовать его вместе с учетом выбросов по производству (Макаров и Алаташ, 2024). Национальная инвентаризация ведется в части выбросов ПГ от производства, или территориальных выбросов. Жесткая климатическая политика в одной стране может приводить к переносу углеродоемких производств в другие страны и порождать утечку углерода. Получается, что выбросы ПГ на импортируемые товары, потребляемые на территории одних стран, производятся на территории других. Утечка углерода не приводит к снижению глобальных выбросов ПГ, а перераспределяет нагрузку по их сокращению, как правило, на менее развитые страны, имеющие заметно меньше экономических возможностей по контролю за выбросами ПГ, что воспринимается как несправедливое распределение нагрузки по снижению выбросов ПГ (Макаров и Алаташ, 2024). Для решения этой проблемы был разработан альтернативный способ учета выбросов ПГ – по стране потребления. Для их оценки используется схема анализа «затраты-выпуск» с ассоциированными экологическими счетами (*environmentally extended input–output analysis, EE-IOA*). Согласно таким оценкам (Global Carbon Budget, 2025), превышение выбросов от производства над выбросами от потребления для России снижалось с 0,5 $ГтCO_2$ в 1990 г. и 2000 г. до 0,32-0,35 $ГтCO_2$ в 2010-2023 гг. (рис. 2.7).

При оценке нетто-выбросов на основе выбросов от потребления получается, что Россия была углеродно-нейтральной 20 лет (в 1992-2011 гг.), но потом за счет снижения нетто-стоков в ЗИЗЛХ нетто-выбросы стали положительными (см. рис. 2.3б). Выбросы от потребления росли после 2000 г., а затем относительно стабилизировались. Оценок выбросов всех ПГ от потребления нет. Поскольку примерно половина добываемого в России топлива экспортируется, то связанные с ТЭК выбросы метана также частично могут вычитаться из территориальных выбросов. В Великобритании учет выбросов от потребления ведётся на

постоянной основе и качество этих оценок постепенно повышается,[9] и там выбросы после выхода на пик в 2008 г. постепенно снижаются.[10]

Рисунок 2.7 Россия. Выбросы CO_2 от производства и от потребления



Источник: Global Carbon Budget (2025) – with major processing by Our World in Data. "Territorial emissions" [dataset]. Global Carbon Project, "Global Carbon Budget v15" [original data]. https://ourworldindata.org/profile/co2/russia

2.4 Оценки качества инвентаризации выбросов ПГ

Энергетический сектор

Надежные оценки выбросов ПГ от сжигания топлива не дают оснований для их заметных пересмотров в кадастрах за разные годы (см. раздел 2.2). Как было показано в разделе 2.2, оценки выбросов ПГ при сжигании топлива являются наиболее надежными, и масштабы их пересмотров – наименьшие среди прочих секторов. Одним из первых опытов оценки качества инвентаризации ПГ в НДК стала работа (Башмаков и Мышак, 2012), где были сформулированы следующие выводы. Сумма всех выбросов ПГ от всех источников в секторе «энергетика», оцененных в Национальном докладе и авторами, получилась довольно близкой. Выявленные расхождения были связаны с разными подходами к формированию Единого топливно-энергетического баланса (ЕТЭБ). МГЭИК рекомендует делать оценку выбросов ПГ в секторе «энергетика» именно на основе энергетических балансов. Предлагаемый Росстатом «*Баланс энергоресурсов*» не соответствует своему названию (Башмаков, 2013) и не дает такой возможности. В НДК энергобаланс не приводится, поэтому ЦЭНЭФ-XXI использует сформированный им единый топливно-энергетический баланс (ЕТЭБ) (Башмаков 2024 и 2025). Эта схема формирования энергобаланса стала основой оценки повышения энергоэффективности в России согласно Приказу Минэкономики от 1 августа 2019 года № 471 «*Об утверждении методики расчета энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации и оценки вклада отдельных факторов в динамику энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации*» и базой для подготовки *Государственных докладов о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации*. В этом ЕТЭБ для России анализ проводится по 80 направлениям использования энергии. Позже по требованию Минэкономики России функционал методики расчета энергоемкости был дополнен методикой оценки вклада разных

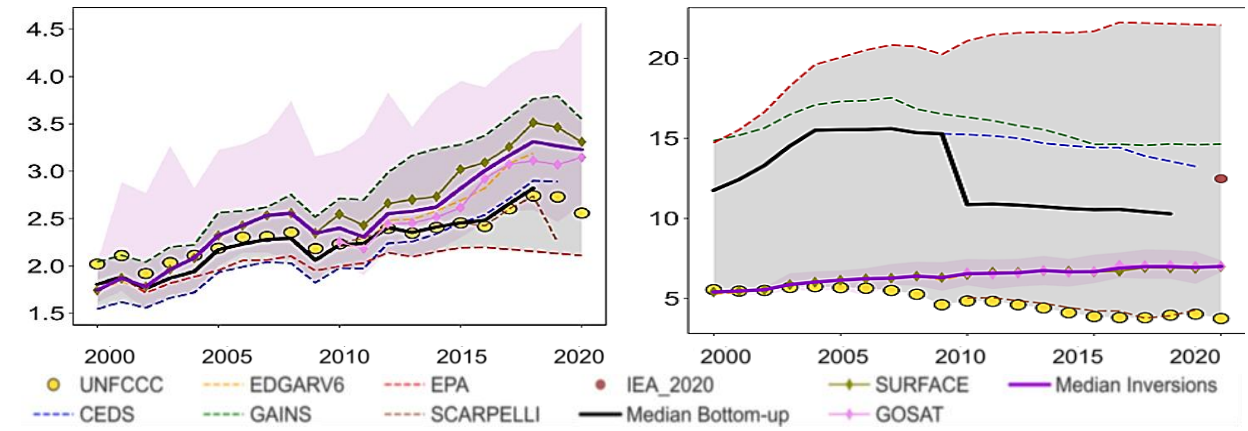
[9] Consumption-based accounts for the UK, 1990 to 2023: Summary of method. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6aba4710fceb6fb3a650128f/UK_and_England_s_Carbon_Footprint_Summary_of_Methods_2026.pdf

[10] https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/methodologies/measuringukgreenhousegasemissions

факторов в динамику выбросов от сектора «энергетика» (подробнее см. раздел 2.5 и Башмаков и др., 2023; Bashmakov et al., 2023). Различия минимальны для выбросов ПГ при производстве электрической и тепловой энергии и более значимы для выбросов от нефтепереработки и добычи топлива. Выбросы от сжигания топлива в «обрабатывающей промышленности и строительстве» различаются только на 0,1%, однако по отдельным направлениям использования энергии различия существенны, поскольку группировка видов деятельности по промышленности осуществлена разными способами. Оценки эмиссии ПГ от сжигания топлива в «других секторах» оказались близкими для жилищного сектора, но по остальным секторам расхождения довольно значительны. Это объясняется различиями в определении объемов потребления топлива в этих секторах. Оценки выбросов ПГ на транспорте в НДК и у ЦЭНЭФ-XXI существенно разошлись по всем видам транспорта, за исключением трубопроводного. Однако расхождения в структуре выбросов ПГ от сжигания топлива по секторам мало влияют на оценку их итоговых объемов. Расхождения в оценках НДК и ЦЭНЭФ-XXI (Башмаков и Мышак, 2012) оказались намного меньше, чем расхождение этих оценок с оценками в зарубежных источниках (Crippa, et al., 2026; IEA, 2026).

Существенное снижение фугитивных выбросов в НДК за последние годы не отражено во многих зарубежных источниках, которые дают кратно более высокие оценки выбросов. Анализ, проведенный Tibrewal et al. (2024) для ряда стран, включая Россию, показывает, что выбросы от эксплуатации систем снабжения ископаемыми видами топлива крайне неопределенны и что данные, представленные Россией в РКИК ООН, ниже оценок, отраженных в других источниках. Если выбросы от систем углеснабжения попадают в диапазон оценок других организаций, то в части выбросов от систем нефтегазового сектора НДК дает самые низкие оценки (рис. 2.8), которые кратно ниже альтернативных оценок. Tibrewal et al. (2024) отмечают, что корректировки оценок НДК по выбросам метана в системах топливоснабжения в России существенно выше, чем в других странах. Они стали итогом перехода на коэффициенты выбросов для развитых стран в системах добычи природного газа в НДК за 2016 г., а в НДК за 2019 г. – и по нефти на основе аргументов, что технологии в России сопоставимы. По газу в НДК за 2019 г. был осуществлен переход от значений по умолчанию к страновым значениям для систем газоснабжения. В итоге по фугитивным выбросам в НДК за разные годы оценка выбросов за 2014 г. была снижена на 763 МтCO$_2$э. Это превышает изменение оценки для нетто-стоков в ЗИЗЛХ в НДК 2024 г.

Рисунок 2.8 Расхождение оценок выбросов метана в системах топливоснабжения России (Мт CH_4)



а) выбросы метана при добыче угля

а) выбросы метана от нефтегазового сектора

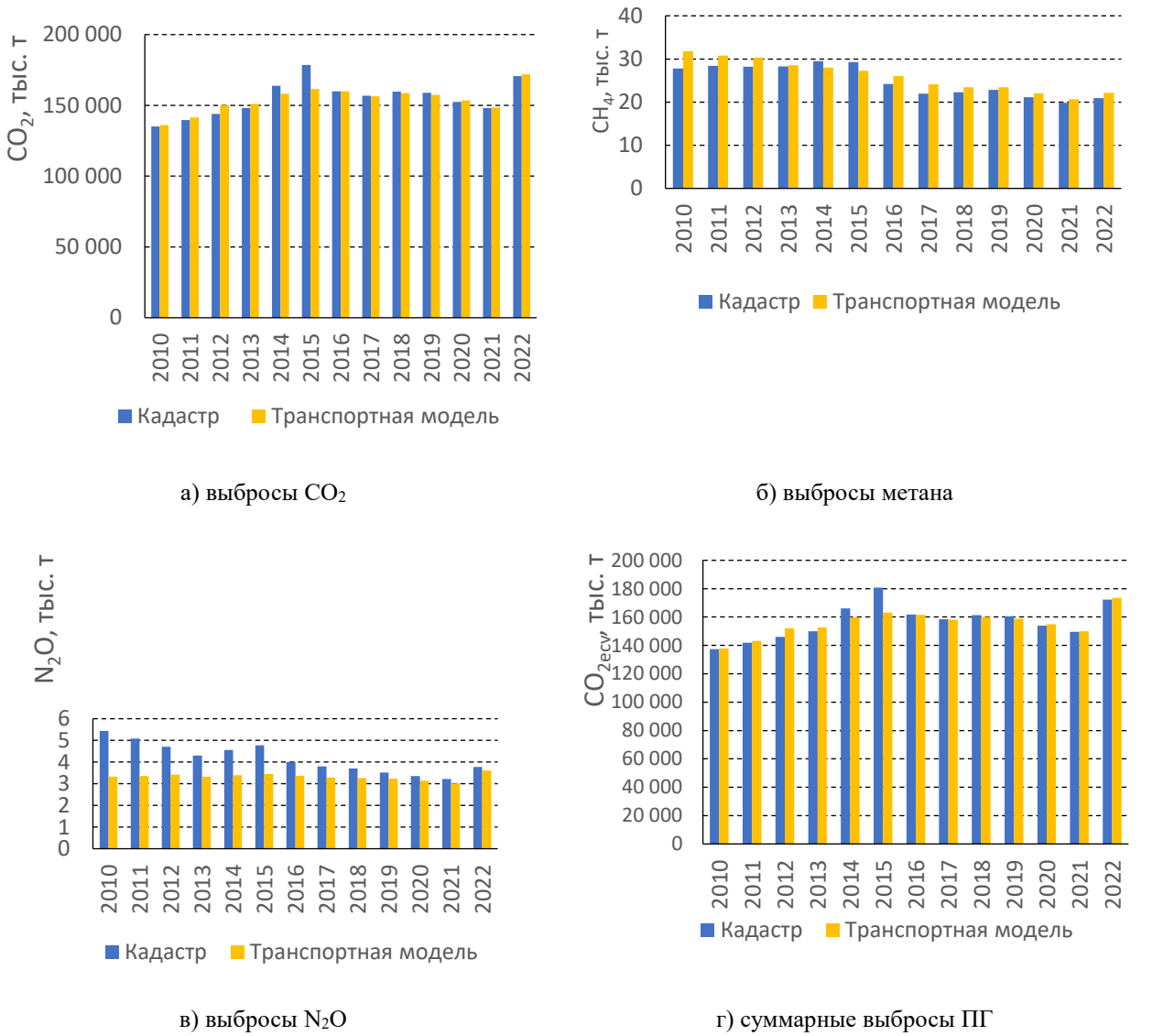
Источник: Tibrewal et al., 2024.

Транспорт

В целом по транспорту разброс оценок выбросов ПГ сравнительно узкий. Согласно НДК, суммарные выбросы ПГ от сжигания топлива в секторе «Транспорт» в 2024 г. составили 289 $МтCO_2э$, из которых 285 $МтCO_2$ приходится на CO_2. К этому нужно добавить 42 $МтCO_2э$ выбросов от утечек на трубопроводном транспорте (НДК 2026). В сумме получается 327 $МтCO_2э$. Согласно оценкам ЦЭНЭФ-XXI на модели МТФК-16-80-ПГ, выбросы от транспорта в 2024 г. составили 322-342 $МтCO_2э$ (Башмаков и др., 2023). Выбросы только CO_2 составили 282 $МтCO_2э$. Если же учитывать выбросы охвата 2, то выбросы ПГ от транспорта в 2024 г. возрастают до 345-364 $МтCO_2э$ (Башмаков и др., 2023).

Оценки выбросов ПГ автомобильным транспортом, приведённые в (НДК, 2023) и полученные на *Транспортной модели* и на модели *МТФК-16-80-ПГ*, хорошо согласуются. В НДК с 2015 г. оценка выбросов ПГ на транспорте осуществляется по методологии МГЭИК уровней 1, 2 и 3 с уровнем охвата 1 (прямые выбросы), т. е. выбросы, образующиеся при сжигании и испарении топлив мобильными источниками (транспортными средствами всех видов), за исключением внедорожных мобильных машин (ВММ) в сельском и лесном хозяйстве, строительстве, горнорудной промышленности, на аэродромах, выбросы ПГ от которых учитываются в других секторах. В кадастре для оценки выбросов ПГ по восходящему подходу (метод уровня 3) от автомобильного (дорожного) транспорта с 2015 г. используется общепризнанная компьютерная модель/программа COPERT. В качестве входных показателей для COPERT используется большой набор данных, характеризующих конструкцию отдельных марок, моделей, групп транспортных средств (ТС), видов топлива, а также условий их эксплуатации. Ранее значительное количество входных показателей принималось по умолчанию или с использованием достаточно грубых допущений, что снижало достоверность оценки выбросов ПГ. Для решения этой проблемы в 2023-2024 гг. в рамках ВИП ГЗ была разработана специализированная *Транспортная модель* (Trofimenko et al., 2025; Лытов, 2026), учитывающая национальные коэффициенты и аспекты расчетного мониторинга выбросов от автотранспорта за счет уточнения числа типов ТС по основным конструкционным и эксплуатационным показателям (численность и структура парка по видам топлива, экологическому классу, возрасту, среднегодовым пробегам, средней скорости движения, полной массе, рабочему объему двигателя и др.) в период 1990-2022 гг. Расчеты по *Транспортной модели* велись одновременно как нисходящим методом (через топливные балансы), так и восходящим методом (уровень 3). Сравнение оценок выбросов автомобильным транспортом, приведённых в НДК (2023) и полученных на *Транспортной модели,* дает средневзвешенное отклонение для CO_2 0,6% (рис. 2.9). Медианное значение разницы валовых выбросов CH_4 в НДК (2024) и в *Транспортной модели* на рассматриваемом временном интервале составляет 4,5%. Максимальное рассогласование – 14,3% – отмечается в 2010 году. При этом только в 2014 и 2015 годах расчётные значения валовых выбросов метана по НДК больше расчётных значений, полученных на *Транспортной модели*. Во все другие годы значения выбросов CH4 по Транспортной модели больше, чем в НДК.

Рисунок 2.9 Сравнение оценок валовых выбросов ПГ автомобильным транспортом, приведённых в НДК и полученных на *Транспортной модели*



а) выбросы CO_2

б) выбросы метана

в) выбросы N_2O

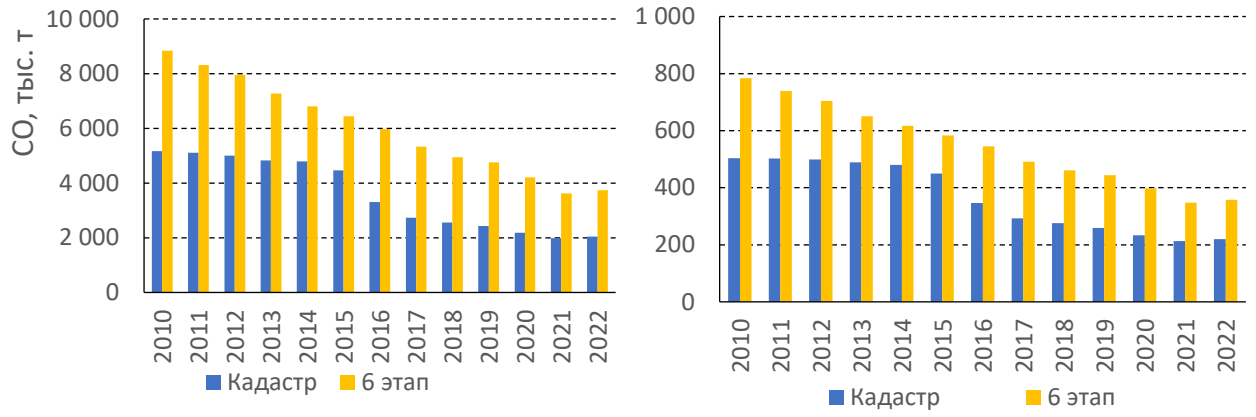
г) суммарные выбросы ПГ

Источник: авторы, НДК,2024.

В НДК (2024) были актуализированы оценки прямых валовых выбросов ПГ (CO_2, CH_4, N_2O) и газов-прекурсоров (CO, NOx, NMVOC) дорожным транспортом (рис. 2.10). Анализ расчётных значений валовых выбросов газов-прекурсоров (CO, NOx, VOC) автомобильным транспортом в 2010-2022 гг. по НДК (2024) и *Транспортной модели* показал, что по CO значения в отдельные годы отличаются на 42-95%. По VOC различие составляет 28,7-71,4%. Причём как по одному, так и по второму газу по *Транспортной модели* значения за все календарные годы превышают значения, приведённые в НДК (2024). По выбросам NO_x согласованность значений по НДК (2024) и *Транспортной модели* в период 2016-2022 гг. намного выше (максимальная разница составляет 4,6% в 2021 году). Медианное значение разницы валовых выбросов CH4 в НДК и в *Транспортной модели* в 2010-2022 гг. составляет 4,5%. На всем временном интервале значения валовых выбросов закиси азота по НДК превышают значения по *Транспортной модели*. В 2010-2022 гг. оценки выбросов CO в отдельные годы отличались на 42-95%, а по

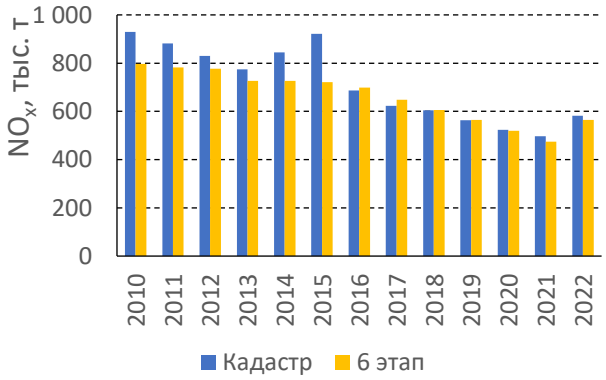
NMVOC – на 29-71%. Причём оценки по *Транспортной модели* получаются более высокими. По выбросам NOx согласованность оценок в 2016-2022 гг. возросла по сравнению с 2010-2015 гг. (максимальная разница составляет 4,6% в 2021 г.).

Рисунок 2.10 Выбросы прекурсоров ПГ автомобильным транспортом, приведённые в НДК и полученные в результате расчётов по *Транспортной модели*



а) выбросы CO

б) выбросы NMVOC



в) выбросы NOx

Источник: авторы, НДК 2024 г.

В *Транспортной модели* впервые проведена оценка выбросов ПГ и прекурсоров от внедорожного транспорта (Trofimenko et al., 2025; Транспортная модель, 2026). Ранее внедорожная мобильная техника не рассматривалась в НДК как источник выбросов ПГ. Для оценки выбросов ПГ внедорожными машинами (строительно-дорожная техника, сельскохозяйственные и лесозаготовительные машины, горнорудная и аэродромная техника) (уровень 3) была использована методика (EMEP/EEA, 2023). Установлено, что доля вклада внедорожных мобильных машин в суммарные выбросы автомобильного и внедорожного транспорта как по отдельным ПГ, так и в CO_2-эквиваленте в 2010-2022 гг. изменялась в разные годы от 13,5 до 16,1% (рис. 2.11). По газам-прекурсорам наблюдается несколько другая картина. По выбросам CO вклад ВММ в суммарные выбросы автомобильного и внедорожного транспорта изменяется от 11,4 до 12,6%; по выбросам NO_x – от 19,6 до 23,8%; по выбросам NMVOC – от 39,1 до 56,6%.

С использованием разработанных алгоритмов и программ, реализованных в *Транспортной модели*, было выполнено восстановление временного ряда выбросов ПГ автомобильным транспортом и внедорожной техникой в 1990-2009 гг. (Trofimenko et al., 2023, 2025; Лытов и др., 2024, 2026; НДК 2024, 2025). В НДК 2026 временной ряд был продлен до 2024 г. с учетом данных по численности парка ТС. На 2025 г. получена оценка, равная 209 Мт CO_2э (см. табл. 2.1). На модели ЦЭНЭФ-XXI *МТФК-16-80-ПГ*, которая оценивает выбросы как на основе данных о парке автомобилей, так и на основе данных о потреблении топлива, диапазон оценок на 2024 г. равен 203-222 МтCO_2э. НДК на 2024 г. дает оценку 229 МтCO_2э.

Таблица 2.1 Динамика прямых валовых выбросов ПГ автомобильной техникой и внедорожными машинами в 1990-2025 гг.

Год	Численность парка АТ/ВММ, тыс. шт.	Потребление топлива, тыс. т/год	Валовые выбросы, т/год						
			CO_2	CH_4	N_2O	CO	NMVOC	NO_x	Приведенные выбросы ПГ
1990	16802449	50690	160280250	44384	4546	8991549	1708068	1048789	162744697
	7713566	17627,35	55741863	11016	1965	1886875	272948	951041	56602859
1995	23218296	34782	109698596	35185	2781	8981721	1083256	932325	111406988
	7210349	11849,44	37493991	14131	1258	2253212	308972	586553	38222273
2000	29052147	25905	81506705	27829	2064	8164425	772804	797803	82817376
	6643175	10587,61	33514834	18198	1089	2491781	374463	511994	34294360
2005	35695304	32115	100991294	31318	2654	9525433	854981	881393	102565178
	6329452	9043,22	28609353	10784	971	1488416	231119	464489	29168453
2010	43678874	43261	136001821	31802	3330	8837602	796227	783721	137789128
	6226432	8257,43	26118569	8967	896	1160986	194052	424284	26609758
2015	53587623	51332	161544795	27222	3449	6443063	720999	583124	163253186
	6132666	8439,99	26684725	6335	944	729240	144909	434149	27124363
2020	58549686	49055	153388178	21999	3134	4212569	519140	397951	154872097
	6180854	7567,2	23923559	5621	854	610918	127037	383703	24318471
2025*	61096223	58426	178426699	24751	3653	3301272	528690	319519	180134140
	6276248	9621,84	30422515	8706	1081	868139	188348	457856	30962354

*) – прогнозные оценки по Транспортной модели.

Источник: Трофименко и др., 2025, Транспортная модель, 2026.

Производство азотной кислоты

В российской инвентаризации парниковых газов выбросы рассчитываются с использованием неизменного для 1990-2024 гг. коэффициента удельных выбросов 2 кг N_2O/т азотной кислоты. Этот коэффициент был предложен в *Руководящих принципах инвентаризации МГЭИК 2006 года* для предприятий, использующих неселективное каталитическое восстановление (технология NSCR). В пересмотренном МГЭИК в 2019 г. *Руководстве* (IPCC, 2019) это значение соответствует нижней границе диапазона по позиции «установки с двумя давлениями (средним и высоким), на которых N_2O разрушают в процессе синтеза или в остаточном газе».[11]

[11] 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3: Industrial Processes and Product Use. Chapter 3. Chemical industry emissions. 3.3 Nitric acid production.

Используемый в национальной инвентаризации коэффициент удельных выбросов базируется на неадекватном допущении, что абсолютно на всех российских агрегатах по производству азотной кислоты применяется технология высокотемпературного неселективного восстановления окислов азота (NSCR). В этом случае, как в соответствии с *Руководящими принципами МГЭИК* от 2006 г., так и с *Приказом Минприроды России* № 371, необходимо применять коэффициент удельных выбросов при производстве азотной кислоты 2 кг N_2O/т HNO_3. В пересмотренных в 2019 г. *Руководящих принципах МГЭИК* (IPCC, 2019) для двухрежимных агрегатов (установок со средним и высоким давлениями) с неселективным восстановлением окислов азота природным газом приведен диапазон удельных выбросов от 2до 3 кгN_2O/тHNO_3. Для агрегатов по производству азотной кислоты, где применяется технология NSCR, содержание N_2O в выхлопных газах невелико, и поэтому дополнительной очистки не требуется. В агрегатах азотной кислоты, использующих технологию SCR, содержание N_2O в выхлопных газах может достигать 1200 м. д., и в этом случае необходима дополнительная очистка от NO_x. Использование в качестве среднего значения для России коэффициента 2 кг N_2O/т HNO_3 некорректно, так как с 2012 г. на среднетоннажных и малотоннажных агрегатах осуществлялась реконструкция, включавшая их перевод на низкотемпературную селективную очистку выхлопных газов аммиаком (технология SCR).[12] Основными источниками выбросов N_2O для производств азотной кислоты в Российской Федерации являются агрегаты УКЛ-7, 1/3,5, АК-500 и АК-72М, использующие технологию SCR. Для агрегатов азотной кислоты, работающих на двух режимах (высокое/среднее давление или низкое/среднее давление) и использующих технологию SCR, коэффициенты выбросов N_2O равны следующим величинам: для агрегатов АМ-72М – 8,1-8,3 кгN_2O/тHNO_3 (средние значения между 7,5 и 9 кгN_2O/тHNO_3; для агрегатов 1/3,5 – 6,3-7,0 кгN_2O/тHNO_3 (средние значения между 5 и 7,5 кгN_2O/тHNO_3).

В НДК оценки выбросов N_2O при производстве азотной кислоты в Российской Федерации занижены в 3,5-4 раза. **Альтернативные оценки дают диапазон удельных выбросов от 2,7 до 13,8 кгN_2O/тHNO_3, а суммарных – 23-25 МтCO_2э против 6 МтCO_2э в НДК 2026** (см. табл. 2.1). В ИТС 2-2022 «Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот» задан диапазон 8,3-10,8 т$CO_{2\text{-ЭКВ}}$/т HNO_3. Используя техническую классификацию российских заводов по производству азотной кислоты и набор коэффициентов выбросов, предложенный в уточненной версии МГЭИК 2019 года, Малявин (2021) рассчитал диапазон оценок удельных выбросов для России: 8–13,8 кг N_2O/т (со средневзвешенным коэффициентом 8,05 N_2O/т), что в 3-6 раз выше оценки в НДК. Оценку Малявина использует также Öko-Institut (Jörß et al., 2023). Оценка удельных выбросов для России в размере 8,05 кгN_2O/тHNO_3 основана на некорректном допущении, что абсолютно на всех российских агрегатах азотной кислоты применяется технология низкотемпературной селективной очистки выхлопных газов аммиаком (технология SCR), хотя в период 2013-2024 гг. эта технология применялась в России только на среднетоннажных и малотоннажных агрегатах (УКЛ-7, АК-500 и 1/3,5). Из крупнотоннажных агрегатов на технологию SCR переведен только один агрегат АК-72М. На базе данных о параметрах российских агрегатов ЦЭНЭФ-XXI оценил средние по России удельные выбросы закиси азота при производстве 1 тHNO_3 равными 6,8–7 кгN_2O /тHNO_3 (1,81-1,85 т$CO_{2\text{-ЭКВ}}$/тHNO_3) для 2024 г. Fertilizers Europe (2024) оценивает удельные выбросы от производства азотной кислоты в России в 5,6 кгN_2O/т. В нормативной базе по CBAM для

[12] Технология NSCR: высокотемпературное неселективное восстановление окислов азота происходит при температурах 700-780°C. При этом в качестве восстановителя используется, как правило, природный газ. Технология SCR: низкотемпературное селективное каталитическое восстановление окислов азота происходит при температурах 280–330°C. При этом в качестве восстановителя применяется аммиак.

России используется вмененное значение прямых выбросов 10,2 кгN_2O/т (European Commission, 2025).

Таблица 2.2 Сравнение оценок выбросов N_2O при производстве азотной кислоты в Российской Федерации в 2013-2025 гг.

Год	НДК		Оценки по коэффициентам				База данных EDGAR8	
			Приказа Минприроды России № 371		Руководящих принципов МГЭИК 2019 г.			
	тыс. т N_2O	млн т $CO_{2экв}$	тыс. т N_2O	млн т $CO_{2экв}$	тыс. т N_2O	млн т $CO_{2экв}$	тыс. т N_2O	млн т $CO_{2экв}$
2013	15,6	4,1	50,2	13,3	51,4	13,6	62,3	16,5
2014	15,3	4,0	49,2	13,0	50,4	13,4	61,0	16,2
2015	16,6	4,4	53,5	14,2	54,9	14,5	66,4	17,6
2016	17,4	4,6	56,0	14,8	57,4	15,2	69,5	18,4
2017	18,3	4,8	59,0	15,6	60,5	16,0	73,2	19,4
2018	18,0	4,8	58,2	15,4	59,6	15,8	72,2	19,1
2019	19,1	5,1	61,7	16,3	63,2	16,8	76,5	20,3
2020	20,7	5,5	66,6	17,6	68,3	18,1	82,6	21,9
2021	20,6	5,5	70,5	18,7	72,2	19,1	82,6	21,9
2022	21,9	5,8	74,7	19,8	76,5	20,3	87,5	23,2
2023	22,2	5,9	75,7	20,1	77,5	20,5	88,7	23,5
2024	22,34	5.9	87,7	23,2	89,8	23,8	91,8	24,3
2025							94,8	25,1

Источники: НДК, 2026; EDGAR Emissions Database, 2026; расчеты ЦЭНЭФ-XXI по коэффициентам Приказа Минприроды России № 371 и Руководящих принципов МГЭИК 2019 г.

Обоснованность пересмотра выбросов и стоков в секторе ЗИЗЛХ

Ввиду того что информация по поглощению углерода лесами в России фактически мало увязана с реальными данными по запасам углерода в лесах, дать объективное заключение об обоснованности пересмотра выбросов и стоков в секторе ЗИЗЛХ достаточно сложно. Авторы пересмотра (Лукина и др., 2024; Барталев, 2023) подчеркивают острый недостаток информации и высокую степень неопределенности оценок потоков парниковых газов в наземных экосистемах России. До 2024 г. российские национальные кадастры ПГ основывались на общих принципах и подходах к отчетности МГЭИК, ежегодно дорабатывались и совершенствовались по мере возможности. Сорокина и др. (2023) провели мета-анализ методик расчета поглощения парниковых газов лесными экосистемами[13] и отметили важность научной дискуссии относительно адекватности этих методик и их соответствия международным стандартам. Авторы пришли к выводу, что применяемая на момент написания статьи[14] методика «удовлетворительно оценивает баланс углерода в лесах» (стр. 497). Сорокина и др. (2023) подчеркнули, что ключевым вопросом в оценке углеродного баланса является достоверность и актуальность источников данных, а с последним аспектом в России проблемы: информация о лесах во многом неактуальна и превышает рекомендуемые МГЭИК 10 лет от момента ее получения до момента использования. Авторы пришли к выводу, что «общий баланс ПГ в лесах при этом может увеличиться с 619 (НДК, 2021) до 701 млн т CO_2-экв. в год, при условии сохранения объема заготовки леса» (стр. 506). Эта оценка близка

[13] Интегральная земельная информационная система, ИЗИС (Международный институт прикладного системного анализа, Австрия), The Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector, CBM-CFS (Канада), региональная оценка бюджета углерода лесов, РОБУЛ (Россия), методика Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (Россия).

[14] Статья поступила в редакцию 08.11.2022.

оценке, полученной в 2026 г. специалистами полигона «Урал-Карбон». Они создали математическую модель, которая оценивает потоки CO_2 в экосистемах России с учетом метеорологических и спутниковых данных, типа экосистем в каждой конкретной точке, и обучили ее на данных с более чем 180 экспериментальных станций северного полушария. На этой основе авторы составили карту и оценили нетто-поглощение всеми природными сообществами России равным в среднем около 0,8 ГтCO_2 в год. Оценки в НДК (2026) за 2024 г. заметно выше - 1127 МтCO_2э.

В 2022 г. стартовал важнейший инновационный проект государственного значения *«Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»* (ВИП ГЗ), целью которого было совершенствование и уточнение показателей и методологии учета выбросов и поглощения ПГ. Проект ВИП ГЗ курировало Министерство экономического развития России. Результаты проекта должны позволить получить объективные данные о региональных изменениях климата, потоках ПГ в наземных экосистемах, в том числе о поглотительной способности российских экосистем. В рамках ВИП ГЗ научный консорциум «РИТМ углерода» провел детальную оценку запасов углерода в лесах и других наземных экосистемах, подготовил прогноз динамики основных пулов углерода и потоков ПГ при различных сценариях землепользования и изменения климата, запустил сеть мониторинга для оценки запасов углерода и его поглощения в лесах и других наземных экосистемах России. Определенным достижением ВИП ГЗ стало первое за всю историю отчетности Российской Федерации официальное зонирование территории РФ в НДК (2024) (рис. 2.11).

Рисунок 2.11 Зонирование территории РФ в Нацкадастре-2024 по применению данных ГИЛ и ДДЗ для оценки чистого поглощения ПГ



Зона 1 — использование преимущественно данных ДЗЗ,
Зона 2 — использование данных наземных обследований лесов (в том числе ГИЛ)
Источник: Нацкадастр-2024. Составлено д. т. н. С. А. Барталевым (Институт космических исследований РАН).

Результаты ВИП ГЗ, учитывающие результаты Государственной инвентаризации лесов (ГИЛ), свидетельствуют о значительном повышении оценки поглощения CO_2 управляемыми лесами (табл. 2.3). В НДК (2024) были произведены пересчеты выбросов и поглощений ПГ, а также внесены усовершенствования, в том числе связанные с методиками расчетных оценок. Причины изменения ряда показателей связаны с введением новых национальных коэффициентов выбросов, оцененных в рамках проекта ВИП ГЗ.

Таблица 2.3 Пересчет значений параметров, используемых при оценке нетто-поглощения в секторе ЗИЗЛХ в НДК 2024 по сравнению с НДК 2023

№	Параметры	Значение выбросов / поглощений, млн т CO2-экв.		
		Нацкадастр-2023	Нацкадастр-2024	Разница
1	Комбинация данных Рослесхоза и данных ДЗЗ, нетто-поглощение в лесах с учетом кустарников (постоянные и переводные лесные земли)	−706,5	−956,1	−249,7
1.1	Ежегодные площади гибели лесов от пожаров на основе комбинации данных Рослесхоза и ДЗЗ	255,9	347,6	91,7
2	Площадь осушенных торфяников, используемых в сельском хозяйстве	115,0	34,4	−80,6
3	Изменение запасов углерода в переходящих запасах зерна	−	−7,7	−7,7
4	Площади управляемых резервных лесов	0	−1,335	−1,3
5	Площади редин (лесные земли)	0	−29,536	−29,5
6	Площади колхозных лесов (лесные земли)	0	−15,520	−15,5
7	Заготовленные лесоматериалы (уточнены полупериоды срока службы древесных панелей и бумажных изделий)	2,4	−4,8	−7,2
8	Оценка изменений запасов углерода при переводе управляемых земель в неуправляемые луга (впервые выполнена в 2024 г.)	0	−12,8	−12,8
9	Уточнение периода изменений в мертвом органическом веществе для земель, переведенных в луговые земли	−2,1	−32,8	−30,7
10	Уточнение периода изменений в органическом веществе почв для земель, переведенных из луговых в пахотные земли	20,9	0,02	−20,7
11	Уточнение матрицы земель для 2021 г.			−1

Источник: Нацкадастр-2023; Нацкадастр-2024.

Доминирующий вклад в повышение поглощений в ЗИЗЛХ внес пересчет оценок поглощений в лесах с использованием комбинации данных ГИЛ и ДДЗ на части территории РФ вместо используемых ранее данных Государственного лесного реестра (ГЛР), а также учет поглощения рединами (относятся к непокрытым лесом землям и включают насаждения с полнотой ниже 0,3), управляемыми резервными лесами и частично лесами на землях сельскохозяйственного назначения. Существенно меньший вклад и с обратным знаком внесла переоценка площади гибели лесов от пожаров (комбинация данных Рослесхоза и данных ДДЗ на основе перехода к представлению не сглаженных (скользящих среднегодовых), а ежегодных значений лесных пожаров. Также заметен вклад в уменьшение площади осушенных торфяников, используемых под пахотные и кормовые угодья, в результате использования обновленных данных Минсельхоза России.

Сравнение материалов российской углеродной отчетности в РКИК за 2019 год с другими оценками поглощения углерода лесами показывает, что и ранее российская углеродная отчетность в РКИК показывала сравнительно более высокие оценки нетто-стока углерода

(0,185 т С/га), чем у таких лесопромышленных держав, как Канада (0,147 т С/га), Финляндия (0,157 т С/га) или Швеция (0,165 т С/га). Однако международный коллектив ученых из IIASA (Schepaschenko et al., 2021) на базе первых результатов ГИЛ оценил для России удельные нетто-стоки почти в 2 раза выше. Новый показатель нетто-стока для России в НДК (2024) был повышен в 2 раза и стал соответствовать этой оценке.

В мире сосуществуют два основных подхода к оценке запасов древесины и, соответственно, углерода в лесах. Первый (традиционный, консервативный) подход, опирающийся на традиционную инвентаризацию лесов, имеет существенный недостаток – высокую зависимость от качества стартовых данных моделирования (т. е. качества инвентаризации) и трудности учета процессов сукцессии и адаптации экосистем к новым условиям. Данный подход отражает стационарную динамику древостоев, которая является лишь частью реальности. Эти модели, как правило, описывают тенденцию к снижению поглотительной способности лесов. Даже при регулярном обновлении инвентаризационных данных прогностическая часть модели не может учитывать изменчивости и адаптации лесного покрова. Другой частью «спектра» моделирования баланса углерода являются модели, опирающиеся на определение типов леса и прироста фитомассы дистанционными методами. Такие модели часто тяготеют к повышению поглощающей способности ландшафтного покрова. Так, модель глобальных потоков углерода в лесной растительности World Resources Institute [Harris et al, 2021] дает для территории Канады среднее за 20 лет поглощение 4320 МтCO$_2$ в год (и еще больше – для территории РФ). Для России модели, которые опираются на использование дистанционной информации и измерения систем FLUXNET, образуют диапазон в 1800–2500 МтCO$_2$/год. Публикация, опирающаяся на комбинацию данных первого цикла государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) в 2007–2020 гг. и данных дистанционного зондирования [Schepaschenko et al., 2021], дает «промежуточную» оценку ~1270 МтCO$_2$/год. При этом разнонаправлен и тренд: стационарные модели дают снижение поглощающей способности лесов, тогда как исследования глобального и регионального масштабов на основе ДДЗ показывают увеличение скорости роста биологической продукции и адаптацию лесных экосистем к росту содержания CO$_2$ в атмосфере (Кренке и др., 2021).

Существующая лесохозяйственная практика имеет близкий к нулевому (на горизонте 50 и более лет) или даже отрицательный баланс углерода по сравнению с так называемой «базовой линией» – естественным лесовосстановлением (самозарастанием) (Шанин и др., 2022; Shvarts et al, 2025; Vilkov and Tian, 2024). Ограничение 45 годами максимального срока реализации ЛКП в решениях COP-26 UNFCCC также требует изменения практик лесовосстановления, в первую очередь перехода на лиственные и смешанные квази-естественные многовидовые культуры с максимальным запасанием углерода за более краткий период, чем возраст рубки хвойных насаждений [Chomel et al., 2014; Liu et al., 2018]. Vilkov and Tian, 2024 объясняют сравнительно низкую эффективность лесных поглотителей углерода в России лесными пожарами и другими природными нарушениями, чрезмерной заготовкой древесины и недостаточной способностью к поглощению углерода и указывают на необходимость повышения эффективности.

В опубликованной в 2025 году работе Nesterenko et al. (2025) было показано, что если учитывать поглощение углерода в качестве индикатора качества лесоуправления, то количество генерированных черной ольхой (Alnus glutinosa) и березой углеродных единиц может быть в два раза больше и в 3-5 раз дешевле, чем в случае сосны и ели, на восстановление которых направлено абсолютное большинство усилий и расходов бюджетов в лесном хозяйстве. Фактически, работа Nesterenko et al. (2025) закладывает потенциальную базу для перехода к использованию показателей поглощения углерода для управления лесами, которые не находятся в лесопромышленной аренде.

Таблица 2.4 Углеродная эффективность проектов лесовосстановления с использованием различных древесных пород

Древесные породы	Оборот рубки (лет)	Дисконтированные затраты на посадку (руб./долл. США)*	Общее количество полученных углеродных единиц	Количество углеродных единиц на 1000 руб./1000 долл. США инвестиций*
Ольха черная	40	718,612.29/ 8,166.05	**7164**	**9,97 / 877,3**
Береза	40	718,612.29/ 8,166.05	**8089**	**8,08 / 990,6**
Лиственница	40	1,148,431.41/ 13,050.36	7693	6,7/ 589,5
Береза + Сосна	40	1,731,472.44/ 19,675.82	6256	3,61/ 317,9
Береза + Ель	40	1,816,132.36/ 20,637.87	6477	3,57/ 313,8
Ель	40	2,807,276.77/ 31,900.87	**6160**	**2,19/ 193,1**
Сосна	40	1,939,573.04/ 22,040,6	**3517**	**1,81/ 159,6**

Оценка стоимости в долларах была рассчитана в работе Shvarts et al., 2026 с учетом рекомендации авторов оригинальной публикации.

Источник: Nesterenko et al., 2025.

2.5 Драйверы динамики выбросов ПГ и оценка влияния мер политики

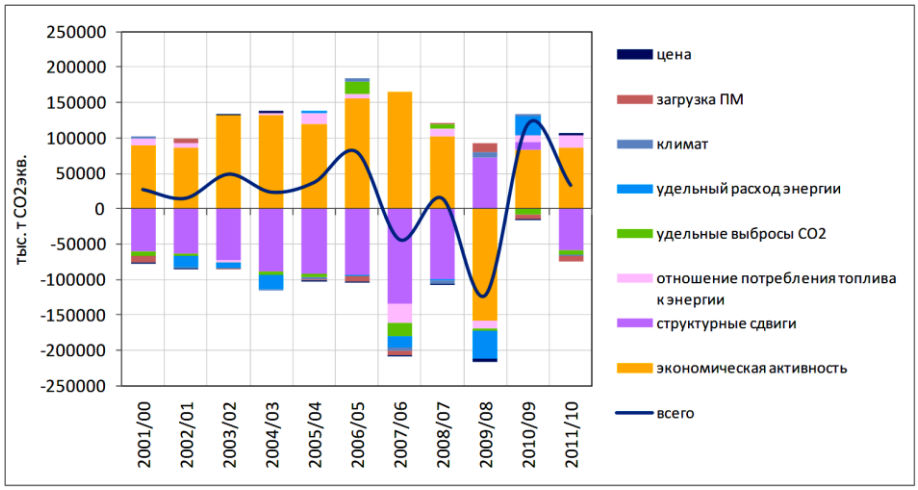
Для выявления вклада факторов, определяющих динамику выбросов ПГ, активно используются методы декомпозиционного анализа, которые базируются на экономической теории индексов. На эту тему опубликованы сотни статей. Традиционной схемой декомпозиции выбросов ПГ в секторе «энергетика» является тождество Кайи (Kaya, 1990; Lamb et al., 2021; Dhakal et al., 2022), согласно которому выбросы ПГ равны произведению численности населения, ВВП на душу населения, энергоемкости ВВП и углеродоемкости энергии. Для оценки их вклада используются разные методы и подходы, но преимущество отдают среднелогарифмическому индексу Дивизиа (LMDI) по причине его гибкости и большей теоретической адекватности (Ang and Choi, 1997; Ang and Lue, 2001; Ang et al., 2010; Choi and Ang, 2012). В России долго не было исследований по оценке вклада разных факторов в динамику выбросов ПГ, но в 2012 г. была создана первая система для анализа факторов динамики энергоемкости ВВП и выбросов ПГ (Башмаков и Мышак, 2012а и 2012б; Bashmakov and Myshak, 2014). В работе (Башмаков и Мышак, 2012а) такая схема анализа применялась для оценки вклада драйверов выбросов ПГ в секторе «энергетика» на данных национального кадастра за 1990-2011 гг. с использованием традиционного тождества Кайи. Однако в тождестве Кайи фактор энергоэффективности не разделяет вклад технологических усовершенствований, структурные сдвиги, изменение загрузки производственных мощностей, а также изменение климата (градусо-сутки отопительного периода, ГСОП). Наличие источников выбросов, не связанных со сжиганием топлива, в ряде секторов также огранивает ценность этого тождества (Bashmakov et al., 2022). Поэтому в (Башмаков и Мышак, 2012а) использовались более сложные схемы, позволяющие оценить вклад 8 факторов в годовую динамику выбросов трех ПГ от сжигания топлива, а также от технологических выбросов и утечек на основе сформированного ЦЭНЭФ-XXI ЕТЭБ за 2000-2011 гг. Основные выводы, полученные в этой работе, приведены ниже.

Различные меры политики по снижению выбросов (рамочные и специальные, см. главу 5) позволили в 2000-2011 гг. снизить выбросы ПГ в секторе «энергетика» на 40% по сравнению с базовой линией. Если в качестве базовой линии для 2000-2011 гг. задать равномерный экономический рост во всех (из 44 рассмотренных) видах деятельности при

отсутствии прогресса в снижении удельных расходов энергии и снижении удельных выбросов на единицу энергии, то в 2011 г. выбросы ПГ в секторе «энергетика» превысили бы уровень 1990 г. на 3,6%. Однако в действительности в 2011 г. они оставались ниже этого уровня на 36%. Нейтрализация прироста выбросов была обеспечена факторами, которые их снижали: структурные сдвиги, повышение энергоэффективности, замещение угля природным газом и рост загрузки производственных мощностей (Башмаков и Мышак, 2012а).

Политика структурного реформирования российской экономики (рамочные меры) внесла основной вклад в торможение динамики выбросов ПГ в 2000-2011 гг. и обеспечила практический «декаплинг» при высоких темпах роста экономики России. Основную компенсирующую роль играл структурный фактор (рис. 2.12). Каждый процент изменения ВВП сопровождался изменением выбросов ПГ в секторе «энергетика» только на 0,35%, поскольку основными источниками выбросов являются сектора, слабо подверженные циклическим колебаниям экономической конъюнктуры: отрасли ТЭК, жилищный сектор и автомобильный транспорт. При падении ВВП структурный фактор замедляет снижение выбросов ПГ, а при росте ВВП, напротив, замедляет их повышение. Эффект влияния циклических факторов усиливается при учете колебаний загрузки производственных мощностей: при ее падении в фазе кризиса удельные расходы энергии, а вслед за ними и удельные выбросы растут, а при повышении – наоборот, падают. Важный вклад внесло повышение энергоэффективности. Фактор удельной углеродоемкости первичной энергии в очень ограниченной степени влиял на динамику эмиссии, поскольку рост доли топлива в потреблении первичной энергии практически перекрыл действие фактора снижения выбросов ПГ на единицу потребляемого топлива за счет роста доли природного газа и вытеснения угля из энергобаланса.

Рисунок 2.12 Вклад восьми факторов в годовую динамику выбросов трех ПГ от сжигания топлива, а также от технологических выбросов и утечек



Источник: Башмаков и Мышак, 2012а.

Действительность опровергла ложный тезис о том, что сдерживание выбросов CO_2 в России обязательно будет сопровождаться потерями экономического роста. Если бы в 2006-2008 гг. российская экономика росла без перегрева (примерно на 5% в год), не стараясь воплотить другой ложный тезис о возможности удвоения ВВП за 7 лет, то, возможно, прироста выбросов CO_2 и ПГ в целом в 1998-2011 гг. в России не было бы вовсе.

По заказу Минэкономразвития России в 2019 году ЦЭНЭФ-XXI создал и затем за несколько лет развил новую версию российской системы учета повышения энергоэффективности и выбросов парниковых газов в секторе «энергетика» (МТФК-16-80-ПГ). В ней нашло свое развитие применение методов декомпозиционного анализа при оценке вклада отдельных факторов в динамику выбросов ПГ[15] (Башмаков и др., 2023; Bashmakov et al., 2023). Эта система предназначена для мониторинга прогресса в области энергоэффективности в 16 секторах и 80 видах экономической деятельности с оценкой вклада 7 факторов. Она также используется для мониторинга прогресса в сфере контроля за выбросами ПГ в секторе «энергетика» с оценкой вклада 9 факторов (МЭР РФ, 2019).

Модель МТФК-16-80-ПГ оценивает вклад факторов в динамику выбросов ПГ от сектора «энергетика» в шести режимах: комбинации выбросов CO_2 или трех ПГ (CO_2, CH_4 и N_2O) с включением или исключением выбросов от утечек и при расчете по прямым выбросам или с разнесением косвенных выбросов ПГ по секторам конечного потребления электрической и тепловой энергии. Максимальное число факторов для экономики в целом равно 9. Сравнение оценки выбросов ПГ в секторе «энергетика» по модели МТФК-16-80-ПГ с данными НДК дает близкие результаты.

Влияние мер политики на динамику выбросов отражают:

- рамочные меры и меры структурных преобразований:
  - изменение структуры за счет неравномерного развития секторов;
  - изменение структуры экономической активности в составе отдельных секторов;
- специальные меры политики:
  - технологический фактор, отражающий изменение уровня энергоэффективности для отдельных видов экономической деятельности;
  - факторы изменения пропорций энергобаланса: углеродоемкость ископаемых видов топлива, например, рост доли природного газа, и изменение доли ископаемых видов топлива за счет изменения вклада безуглеродных источников энергии.

Для секторов конечного потребления энергии вклад технологического фактора более адекватно отражает расчет по сумме прямых и косвенных выбросов ПГ. В этом случае выбросы ПГ от производства и распределения электрической и тепловой энергии разносятся по секторам, где эти энергоносители используются, что позволяет учесть эффекты повышения эффективности их использования в секторах конечного потребления энергии. Результаты оценки вклада отдельных факторов по экономике в целом и по отдельным секторам показаны в табл. 2.4.

В целом по сектору «энергетика» вялые меры политики декарбонизации за последнее десятилетие привели к тому, что выбросы ПГ росли быстрее, чем это определялось наращиванием экономической активности. Структура экономики менялась в пользу более углеродоемких секторов, но этот эффект перекрывался изменением структуры в составе секторов в пользу менее углеродоемких видов деятельности. Внедрение новых технологий не

[15] Важным преимуществом МТФК-16-80-ПГ по сравнению с зарубежными аналогами являются: оперативность (появление результатов через 8-9 месяцев после окончания календарного года); высокий уровень детализации (рассмотрение 16 секторов, 80 видов экономической активности и 9 факторов); полное соответствие экономической активности и соответствующего ей уровня потребления энергии за счет формирования ЕТЭБ в рамках самой модели МТФК-16-80-ПГ; возможность получать результаты по четырем метрикам энергоемкости ВВП и по шести метрикам оценки выбросов ПГ, включая утечки, и расчеты как по прямым, так и по сумме прямых и косвенных выбросов ПГ.

ограничивало рост выбросов из-за слабой политики в сфере повышения энергоэффекттвности (см. главу 5). Сдвиги в балансе потребления ископаемых топлив в пользу природного газа сдерживали рост выбросов, но влияние этого фактора перекрывалось ростом доли ископаемых видов топлива в балансах потребления энергии во многих секторах. Именно этот фактор и обусловил опережающий рост выбросов ПГ по сравнению с наращиванием экономической активности.

Таблица 2.5 Вклад факторов в изменение выбросов трех ПГ от сектора «энергетика» с учетом утечек и при разнесении косвенных выбросов по секторам конечного потребления энергии в 2015-2024 гг.

Годы	Всего	Экономическая активность	Структура на уровне секторов	Структура на уровне подсекторов	Технологический фактор энергоэффективности	Климат	Загрузка ПМ	Благоустройство и обеспеченность	Углеродоемкость ископаемых видов топлива	Доля ископаемых видов топлива
Вся экономика										
2016/2015	98 321	3 079	38 209	-14 022	43 967	5 953	- 317	23	3 076	18 353
2017/2016	-9 425	29 651	- 614	- 628	-13 330	-2 601	-1 073	- 247	-33 808	13 225
2018/2017	40 859	45 768	2 711	-13 837	-54 729	3 011	- 589	- 104	15 123	43 505
2019/2018	-31 013	36 056	-24 784	-6 625	11 231	-9 029	- 727	41	2 017	-39 192
2020/2019	-69 328	-43 265	-14 579	-15 365	15 631	-1 888	1 357	40	13 612	-24 870
2021/2020	99 457	88 453	16 660	2 049	3 362	10 941	-1 109	- 155	-37 521	16 775
2022/2021	13 635	-35 123	31 528	-8 631	5 070	-4 954	- 218	461	-18 850	44 351
2023/2022	2 622	71 015	-30 270	-9 759	5 938	-3 486	- 644	- 24	-3 461	-26 685
2024/2023	17 966	84 503	-39 010	-16 861	23 363	- 924	- 123	- 184	-72 318	39 519
2024/2015	**142 505**	**124 620**	**49 130**	**-57 058**	**11 201**	**1 434**	**-2 676**	**59**	**-56 351**	**72 148**
Производство и распределение электроэнергии										
2016/2015	10 685	8 739		-1 764	3 914				1 371	-1 576
2017/2016	-5 479	1 230		911	-11 431				- 795	4 607
2018/2017	1 613	7 595		1 573	-8 782				-2 320	3 547
2019/2018	-4 607	2 302		- 68	-8 593				-1 808	3 560
2020/2019	-33 186	-11 018		-24 016	- 939				2 451	336
2021/2020	31 531	23 696		11 521	5 267				-6 711	-2 242
2022/2021	17 706	3618		8 248	2 814				4 155	-1 128
2023/2022	12 346	4027		3 864	10 191				-1 569	-4 168
2024/2023	17 429	11803		4 167	8 024				-3 402	-3 163
2024/2015	**48 039**	**51 992**		**4 436**	**465**				**-8 628**	**-226**
Производство и распределение тепловой энергии										
2016/2015	17 890	4 187		4 046	4 187				- 135	-1 488
2017/2016	-14 090	21 863		-9 412	21 863				-1 842	-21 826
2018/2017	6 407	-42 978		2 790	-42 978				-3 066	39 100
2019/2018	-10 161	36 798		-5 696	36 798				1 496	-32 626
2020/2019	-6 123	21 531		-5 618	21 531				1 981	-18 856
2021/2020	31 210	5 302		6 537	5 302				1 038	-5 339
2022/2021	-10 905	-22 598		17 063	-22 598				261	19 585
2023/2022	-7 030	11 798		-14 242	11 798				-3 282	-10 784
2024/2023	-8 019	5 086		-1 239	5 086				-12 838	-5 175
2024/2015	**-821**	**17758**		**-5772**	**40 989**				**-16387**	**-37409**
Добывающая промышленность*										
2016/2015	16 367	5 309		536	19 932	788	- 488		-20 702	10 994
2017/2016	12 727	4 225		3 660	5 263	- 56	- 369		-33 071	33 074
2018/2017	33 853	9 271		1 104	8 443	80	- 302		-1 852	17 108
2019/2018	123	8 837		-5 124	2 776	- 298	- 490		-25 028	19 451
2020/2019	-1 252	-17 693		-2 772	18 309	30	1 255		-5 345	4 966
2021/2020	16 896	11206		6 804	5 614	329	-137		-36 691	29 770
2022/2021	-1 042	4171		1 196	4 966	-127	-828		-43 650	33 231
2023/2022	-2 696	-2843		-3 512	6 614	-90	-203		-4 687	2 026
2024/2023	-11 358	-1269		-3 530	-5 756	-66	103		2 600	-3 440
2024/2015	**63 619**	**21 213**		**-1 640**	**66 162**	**591**	**-1 459**		**-168 427**	**147 180**
Обрабатывающая промышленность*										
2016/2015	35 822	3 778		-5 717	13 778	1 361	- 466		-15 476	38 565
2017/2016	- 418	19 964		-9 138	-7 912	- 604	-1 759		-6 412	5 444
2018/2017	- 295	12 698		-3 482	-9 728	672	-1 139		35 380	-34 696
2019/2018	-3 479	12 506		-5 547	-9 750	-1 643	- 519		73 802	-72 328
2020/2019	-6 730	4 635		3 056	-8 719	- 562	4		12 701	-17 845

2021/2020	22 550	25 743		-8 511	-7 630	2 179	-1 810		28 990	-16 411
2022/2021	-1 366	1 202		-11 898	2 009	-1 008	2 058		21 365	-15 092
2023/2022	-4 441	30 811		-12 206	-12 329	- 808	-2 212		25 903	-33 600
2024/2023	5 926	32 015		-27 361	14 374	- 125	-1 040		-152 092	140 154
2024/2015	**47 569**	**143 353**		**-80 805**	**-25 907**	**-539**	**-6 884**		**24 161**	**-5 809**
Сельское хозяйство*										
2016/2015	1 708	970		2 705	-2 247	234	62		-3 078	3 062
2017/2016	5 192	686		555	745	- 114	- 220		4 124	- 584
2018/2017	-1 415	- 52		1 122	-1 848	141	- 40		1 808	-2 546
2019/2018	- 966	1 047		- 273	-1 239	- 356	- 48		- 348	252
2020/2019	- 622	311		- 419	361	- 128	- 32		-1 195	480
2021/2020	3 483	- 179		504	1 725	558	- 2		- 938	1 815
2022/2021	2 389	3043		-1 827	320	-240	-117		2 419	-1 210
2023/2022	-2 023	57		1 607	-2 514	-157	45		-2 583	1 521
2024/2023	473	-934		369	1 776	18	48		-5 296	4 493
2024/2015	**8 220**	**4 948**		**4 342**	**-2 921**	**-43**	**-303**		**-5 087**	**7 282**
Транспорт*										
2016/2015	20 536	4 999		-3 049	18 445	242	- 62		2 415	-2 454
2017/2016	-11 493	20 188		6 081	-28 741	- 117	- 298		-13 225	4 618
2018/2017	3 706	10 474		-13 004	-2 198	137	- 3		7 683	618
2019/2018	-6 730	4 760		6 684	-18 246	- 405	- 169		1 057	- 411
2020/2019	-27 400	-31 010		13 922	-11 424	- 110	413		- 564	1 373
2021/2020	-12 810	23 446		-8 651	-16 746	360	- 505		-3 907	-6 807
2022/2021	10 688	-5 886		-12 161	22 100	- 192	189		9 123	-2 486
2023/2022	13 010	1 383		-1 853	7 808	- 324	486		- 313	5 824
2024/2023	11 021	3 511		7 420	5 450	- 77	- 90		-5 101	- 91
2024/2015	**530**	**31866**		**-4611**	**-23552**	**-486**	**-40**		**-2833**	**184**
Сфера услуг*										
2016/2015	3 761	1 107		- 187	688	1 491			-8 587	9 250
2017/2016	- 963	1 850		- 527	136	- 679			-4 419	2 676
2018/2017	882	890		- 95	- 671	760			5 298	-5 300
2019/2018	-6 465	1 124		- 126	-5 058	-1 939			-2 314	1 847
2020/2019	-6 626	847		- 67	-4 220	- 719			3 233	-5 702
2021/2020	7 891	286		- 7	3 767	2 609			5 413	-4 177
2022/2021	14 231	704		112	11 056	-1 172			-3 129	6 660
2023/2022	-8 076	2178		-38	2 134	-1 170			9 085	-20 266
2024/2023	2 612	2061		-19	2590	-231			-6 419	4 630
2024/2015	**7 246**	**11 047**		**-953**	**10 422**	**-1 048**			**-1 839**	**-10 382**
Жилищный сектор*										
2016/2015	8 280	5 056		- 197	-7 867	9 761		248	4 896	-3 617
2017/2016	-5 347	3 812		151	553	-4 517		- 528	-7 615	2 797
2018/2017	3 645	4 834		201	-6 090	5 094		- 50	1 623	-1 966
2019/2018	-10 524	5 063		1 036	-1 489	-13 840		483	577	-2 352
2020/2019	-7 529	4 785		82	-3 285	-4 920		321	-4 250	- 262
2021/2020	24 773	6 089		398	-4 539	19 359		- 239	1 586	2 119
2022/2021	5 332	6575		130	-1624	-8653		1639	7 331	- 65
2023/2022	-10 418	5224		410	-3467	-6259		108	-10 575	4 141
2024/2023	-1 162	4712		88	1058	-1657		-340	-3 509	-1 515
2024/2015	**7 051**	**46 149**		**2 299**	**-26 749**	**-5 633**		**1 642**	**-9 937**	**-721**

* с распределением косвенных выбросов от производства электрической и тепловой энергии.

Источник: расчеты авторов на модели МТФК-16-80-ПГ, продленные до 2024 г. (см. Башмаков и др., 2023).

В секторе «производство и распределение электроэнергии» отсутствие мер политики привело к снижению энергоэффективности, но повышающий эффект этого фактора, особенно заметный после 2020 г., перекрывался снижением выбросов за счет мер поддержки развития ВИЭ и АЭС. В секторе «производство и распределение тепловой энергии» рост выбросов за счет снижения энергоэффективности был компенсирован их снижением в основном в результате замены угля природным газом на источниках теплоснабжения и снижения доли ископаемых видов топлива. В добывающей промышленности главными драйверами роста выбросов ПГ стали снижение энергоэффективности и рост доли ископаемых видов топлива в энергобалансе. В обрабатывающей промышленности рост выбросов за счет экономической активности сдерживался изменением структуры выпуска в пользу менее энергоемких отраслей машиностроения и металлообработки, а также повышением энергоэффективности и ростом

загрузки производственных мощностей. Повышение энергоэффективности также стало основным тормозом роста выбросов в сельском хозяйстве и еще в большей мере на транспорте. Напротив, в сфере услуг снижение энергоэффективности стало главным фактором наращивания выбросов, правда, его влияние было в основном перекрыто фактором снижения доли ископаемых видов топлива в энергобалансе за счет процессов электрификации. В итоге рост выбросов в основном следовал за увеличением площадей зданий сферы услуг. В жилищном секторе динамика выбросов заметно отставала от роста жилой площади за счет повышения энергоэффективности, потепления (снижения ГСОП) и изменения энергобаланса в пользу менее углеродоемких источников энергии.

2.6 Оценки потенциала снижения выбросов и увеличения стоков ПГ

Опыт интегральной оценки технического потенциала снижения выбросов ПГ в России очень ограничен. Для сектора «энергетика» интегральные оценки технического потенциала были даны в работах (Башмаков и Мышак, 2012) и в подготовленных ЦЭНЭФ-XXI для Минэкономразвития России обосновывающих материалах к *Стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (*ЦЭНЭФ-XXI, 2019).[16] Эти оценки в основном базируются на оценках технического потенциала экономии энергии и дополняются эффектами от замещения топлива в электро- и теплоэнергетике, а также оценками снижения выбросов ПГ при добыче топлива в размерах, равных экономии потребления этих видов топлива. Технический потенциал повышения энергоэффективности определяется как произведение уровня экономической активности на разницу среднего по России удельного расхода энергии на производство единицы продукции, работы или услуги за базовый год и показателя, замыкающего 10% выпуска на кривой бенчмаркинга по удельным расходам энергии (*Best Available Technology, BAT*, см. Башмаков и др., 2021). Технический (технологический) потенциал оценивается при допущении, что все оборудование мгновенно заменяется на лучшие образцы, соответствующие BAT, и показывает только гипотетические возможности энергосбережения без учета затрат и других ограничений на его реализацию. После введения санкций на поставки в Россию технический потенциал оценивается для трех градаций: при использовании в качестве BAT лучших имеющихся в мире технологий, лучших технологий в странах, которые не вводили санкций, и лучших российских технологий. На примере нефтегазового сектора получается, что второй показатель равен трем четвертям первого, а третий составляет менее 50% (Башмаков, 2024).

Оценка технического потенциала экономии энергии за счет повышения энергоэффективности в России для 2010 г. показала, что он составил 48% от уровня потребления первичной энергии, или 459 Мтут, с учетом сокращения сжигания попутного газа в факелах (Башмаков и Мышак, 2012). Оценка потенциала экономии энергии была сделана при допущении, что экономия в секторах конечного потребления энергии дает косвенную экономию в секторах преобразования топлива и генерации электрической и тепловой энергии. Технический потенциал повышения эффективности использования конечной энергии составил 226 Мтут. Потенциал экономии первичной энергии удваивается при включении в расчет косвенных эффектов и повышения энергоэффективности в ТЭК. В (Башмаков и Мышак, 2012а) не рассматривались возможности внедрения безуглеродных источников энергии.

[16] ЦЭНЭФ-XXI. 2019. Основные направления стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. Шифр темы: 0501-13-19.

Технический потенциал снижения выбросов трех ПГ в секторе «энергетика» по состоянию на 2010 г. был оценен в 1085 МСО$_{2э}$, или 54% от уровня выбросов 2010 г. (согласно инвентаризации 2012 г.). Потенциал снижения выбросов CO_2 оценен в 920 МтCO_2 (59%), CH_4 – 7,7 Мт (37%), N_2O – 11,2 тыс. т (48%). При распределении косвенных эффектов по секторам конечного потребления энергии получается, что на долю отраслей ТЭК приходится 37% потенциала, промышленности – 25%, транспорта – 12%, жилых и общественных зданий – 25%.

Россия имеет техническую возможность стать страной с нулевыми нетто-выбросами ПГ. Такой вывод был сформулирован в 2019 г., когда с привлечением широкого круга российских экспертов была актуализирована оценка потенциала снижения выбросов и увеличения стоков ПГ (на базе данных за 2017 г.) и был оценен потенциал для всех секторов, отражаемых в кадастре выбросов ПГ. Интегрированная оценка потенциала снижения выбросов ПГ включала снижение выбросов за счет повышения энергоэффективности, замещения топлива в электро- и теплоэнергетике и роста использования безуглеродных источников энергии (АЭС, ГЭС, ВИЭ, биомассы и биогаза) в системах как централизованного, так и децентрализованного энергоснабжения, учета косвенного снижения выбросов ПГ при экономии электрической и тепловой энергии от централизованных источников у конечных потребителей, снижения технологических утечек и выбросов ПГ, снижения выбросов ПГ в промышленных процессах, сельском хозяйстве и в сфере управления отходами, а также увеличения стоков в секторе ЗИЗЛХ.

Технический потенциал снижения нетто-выбросов ПГ во всех секторах был оценен в 1220 Мт CO$_{2э}$. Его полная реализация позволила бы снизить нетто-выбросы ПГ на 77% от уровня 2017 г. По отношению к уровню выбросов ПГ 1990 г. полная реализация технического потенциала позволяет снизить выбросы на 89%. Основную часть потенциала (87%) формируют технические и структурные решения в секторе «энергетика» – повышение эффективности и развитие централизованной и децентрализованной низкоуглеродной генерации электрической и тепловой энергии (табл. 2.6). Сравнение потенциала снижения выбросов для 2017 г. с оценками для 2010 г. показывает, что в эти годы он практически не был задействован. По мере реализации потенциала снижения выбросов ПГ в секторе «энергетика» растет значимость повышения точности оценок потенциала снижения выбросов ПГ в секторах «промышленные процессы», «сельское хозяйство», «ЗИЗЛХ» и «отходы».

Таблица 2.6 Потенциал снижения выбросов ПГ в основных секторах (Мт CO$_{2э}$)

Сектора	1990	2017	Потенциал снижения выбросов ПГ	Выбросы после реализации потенциала
Энергетика	2569	1700	1055	645
Промышленные процессы	283	233	66	167
Сельское хозяйство	276	128	27*	101*
ЗИЗЛХ	-73	-578	-46	-624
Отходы	58	94	26*	68*
Всего нетто-выбросы	**3113**	**1578**	**1220**	**358**

* Половина потенциала в сельском хозяйстве и отходах отнесена к производству биогаза и отражена в секторе «энергетика».

Источники: Отчетные данные – Национальный доклад о кадастре, 2019. Оценки потенциала – (ЦЭНЭФ-XXI, 2019) и (Romanovskaya et al., 2019).

В работе (Romanovskaya et al., 2019) потенциал сокращения выбросов/увеличения поглощения в секторе ЗИЗЛХ в 2030 г. был оценен в 685 МтCO$_2$э по сравнению с 1990 г. и всего в 44 МтCO$_2$э по сравнению с 2008-2017 гг. В этой работе потенциал оценивался на методологической базе, которая была актуальна на тот момент. Для сопоставления этой оценки с данными кадастра 2024-2026 необходимо пересчитывать эти оценки.

После 2019 г. интегральный технический потенциал снижения выбросов ПГ для России не оценивался. Это явный пробел в знаниях. Тем не менее можно утверждать, что актуальная оценка потенциала, по крайней мере в секторе «энергетика», оставалась близкой к оценкам для 2010 г. и 2017 г., поскольку, как показано в разделе 2.7, заметного прогресса в повышении энергоэффективности в 2015-2024 гг. не было, а углеродоемкость генерации электроэнергии даже выросла (Башмаков и др., 2026). Ниже даны актуальные оценки технического потенциала снижения выбросов, которые получены как произведение разницы удельных выбросов для производства отдельных видов продукции в России и бенчмарков на основе BAT на объемы производства этой продукции в России. Только по выборке из шести продуктов потенциал снижения выбросов превышает 340 МтCO$_2$э (табл. 2.7). Это больше суммарных нетто-выбросов в 2024 г. в Италии или во Франции.

Таблица 2.7 Оценка потенциала снижения выбросов ПГ по отдельным видам продукции по данным за 2020-е годы

Вид продукции	Единицы измерения	Удельные выбросы		Производство в России в 2024-2025 гг.		Потенциал снижения выбросов	Источники информации
		Россия	BAT			МтCO$_2$э	
Электроэнергия	гCO$_2$/кВт-ч	390,5	176*	1213,4	млрд кВт-ч	260,3	Башмаков и др., 2026
Сталь	тCO$_2$/т	2,1	1,47**	71,136	Мт	44,8	Башмаков и др., 2021
Клинкер	тCO$_2$э/т	0,771	0,693***	50,104	Мт	3,9	Башмаков и др., 2023
Кирпич	тCO$_2$э/т	0,155	0,094***	18,757	Мт	1,1	Башмаков и др., 2024
Аммиак	тCO$_2$э/т	2,25	1,57***	18,122	Мт	12,3	Башмаков и др., 2025
Азотная кислота	тCO$_2$э/т	1,86	0,23***	12,846	Мт	20,9	Башмаков и др., 2027
Всего по перечисленным продуктам						343,3	

* Великобритания.

** технологическая цепочка железо прямого восстановления (природный газ) – электродуговая печь https://worldsteel.org/wider-sustainability/sustainability-indicators/

** бенчмарки в ЕСТ.

2.7 Требования к корпоративной отчетности по выбросам ПГ

Важным источником данных, на основе которых можно оценивать прогресс в снижении выбросов ПГ на уровне отдельных компаний, является созданная в России система корпоративной отчетности по выбросам ПГ. В соответствии с Федеральным законом от 2 июля 2021 года № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» юридические лица и индивидуальные предприниматели (далее – «предприятия»), хозяйственная и иная деятельность которых связана с выбросами парниковых газов (ПГ), обязаны предоставлять отчеты о выбросах ПГ, если они относятся к регулируемым организациям. Отнесение предприятий к регулируемым организациям осуществляется предприятиями самостоятельно на основании критериев, установленных постановлением Правительства Российской

Федерации от 14.03.2022 № 355 (далее – «Постановление № 355»). Предприятия, относящиеся к регулируемым организациям, обязаны ежегодно готовить и представлять в Минэкономразвития России отчеты о выбросах ПГ за прошедший год по форме и в порядке, указанных в постановлении Правительства РФ от 20.04.2022 № 707 (далее – «Постановление № 707»). При этом количественное определение выбросов ПГ от такого предприятия по итогам года производится в соответствии с методическими указаниями, утвержденными приказом Минприроды России от 27.05.2022 № 371 (далее – «Методика Минприроды № 371»).

Проект федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» не распространил требование обязательной верификации на отчеты о выбросах ПГ, представляемые в установленном порядке в уполномоченные органы государственной власти или в организации, уполномоченные на ведение соответствующих реестров. Во исполнение поручения Президента РФ от 15.06.2021 № Пр-1004 и на основании поручения Правительства РФ от 21.06.2021 № ВА-П11-8081 Минэкономразвития России разработало проект Федерального закона *«О внесении изменений в Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов»*[17] (далее – законопроект), целью которого является создание правовой рамки для верификации информации о выбросах парниковых газов, представляемой организациями и частными лицами в государственный реестр выбросов ПГ. Согласно действующему в РФ законодательству верификации подлежат отчеты о реализации климатических проектов,[18] а также отчеты о выполнении установленных квот на выбросы ПГ региональными регулируемыми организациями в рамках эксперимента по ограничению выбросов ПГ в отдельных субъектах РФ.[19] Отчеты о реализации климатических проектов вместе с заключениями об их верификации представляются в реестр углеродных единиц для выпуска в обращение углеродных единиц в пользу исполнителей соответствующих проектов. Региональные регулируемые организации ежегодно представляют свои верифицированные отчеты о выбросах ПГ и о выполнении установленных квот на выбросы ПГ в государственный реестр выбросов ПГ. Эти отчеты служат основанием либо для поощрения эмитентов путем выпуска в их пользу единиц выполнения квоты, либо для взыскания с них платы за выбросы ПГ сверх установленных квот.

В законопроекте сохранен и даже специально подчеркнут добровольный характер верификации представляемых эмитентами отчетов о выбросах ПГ. И даже для отчетов о реализации климатических проектов и о выполнении квот на выбросы ПГ не сделано исключений (оговорок, изъятий), хотя стоило бы во избежание двусмысленности и прочих недоразумений. При этом эмитенты, которые обязаны представлять отчетность о выбросах ПГ, и те, кто делает это добровольно, уравнены в праве выбирать: верифицировать им свои отчеты или нет. Законопроект определяет верификацию как «проверку и подтверждение информации о массе выбросов парниковых газов, образовавшихся в результате хозяйственной и иной деятельности юридического лица или индивидуального предпринимателя, а также исходных сведений, на основании которых определена эта масса». Объектом верификации могут быть разные выбросы ПГ: выбросы от деятельности компании или группы компаний, выбросы от деятельности конкретного юридического лица, отдельного предприятия или подразделения, выбросы от отдельных видов деятельности или категорий источников, выбросы, связанные с реализацией того или иного проекта или с производством той или иной продукции. В законопроекте все это разнообразие сведено к выбросам ПГ, информацию о которых эмитенты представляют в реестр в формате, предусмотренном для обязательной отчетности.

[17] См. https://regulation.gov.ru/projects/166925/
[18] Пункт 4 статьи 9 Федерального закона от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».
[19] Статья 10 Федерального закона от 06.03.2022 № 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации».

Так примерно и написано: в отношении информации, включаемой в отчет о выбросах ПГ для представления в установленном порядке в реестр выбросов ПГ, по инициативе эмитента может быть проведена верификация информации о выбросах ПГ в соответствии с настоящим законопроектом. Ключевые слова здесь «**может быть проведена**». Значит, можно и не проводить. А для чего эмитентам стоило бы ее проводить, какие у них для этого есть или могут быть стимулы, в законопроекте не сказано. Как будто эмитенты ПГ в России никогда до сих пор не верифицировали свои выбросы, и им решили намекнуть, что они могли бы, но не сказали, зачем.

На самом деле, верификация отчетов о выбросах ПГ – давным-давно сложившаяся в России корпоративная практика. Только верифицируют российские компании не ту информацию о выбросах ПГ, которая подлежит представлению в реестр, а более развернутую информацию, которую они раскрывают для своих стейкхолдеров – покупателей, инвесторов, финансовых организаций т. д. в соответствии с международными стандартами. И никакого специального разрешения, тем более закона, им для этого не нужно. Имеются общепризнанные международные стандарты отчетности по ПГ для компаний и организации, уполномоченные проводить верификацию корпоративных отчетов по этим стандартам, и этого достаточно.

Органы верификации должны быть независимыми. Особое внимание в законопроекте уделено независимости верификаторов. В пояснительной записке к нему прямо сказано: «В целях обеспечения аффилированности аккредитованного лица, законопроектом предлагается установить запрет на проведение верификации отчета о выбросах парниковых газов организаций, осуществляющих полномочия основного общества в отношении аккредитованного лица».[20] В самом законопроекте об этом сказано немного иначе: для проведения верификации своих отчетов о выбросах ПГ эмитенты не вправе привлекать лиц, в отношении которых они выполняют полномочия основного общества. Как говорится, похоже, но не то же. Одно дело прямой запрет на проведение верификации отчетов силами дочерних организаций (нельзя, чтобы организация, которую ты контролируешь, тебя проверяла), и другое дело запрет на привлечение эмитентами своих дочерних структур для проведения верификации. Во втором случае остается простор для трактовок. Могут ли, например, консультанты эмитентов или другие нанятые ими лица привлекать дочерние организации своих клиентов для проведения верификации? Прямого запрета на это в законопроекте нет, хотя в пояснительной записке он декларируется. Однако проблема независимости верификаторов не сводится только к отношениям по линии «основная организация – дочерняя организация». Например, законопроект ничего не говорит о том, можно ли привлекать верификаторов, созданных теми же учредителями, что и сам эмитент, отчет которого требуется верифицировать, или верификаторов, по отношению к которым директор или другой руководитель эмитента является владельцем, совладельцем, руководителем или их родственником. Можно ли привлекать в качестве верификатора организацию, которая готовила или помогала готовить отчет о выбросах ПГ? Допустимо ли вообще совмещать функции консультанта и верификатора по ПГ? Вопрос не праздный. Известно, например, что органы по сертификации не оказывают консультационных услуг в принципе, но могут проводить обучение по стандартам, по которым они проводят сертификацию. И это правильно, потому что позволяет органам по сертификации оставаться независимыми. Видимо, к органам по верификации ПГ должны применяться те же правила и ограничения.

Более эффективной является открытая система верификации информации о выбросах ПГ с допуском аккредитованных иностранных верификаторов (при наличии у них

[20] Точная цитата. Вероятно, хотели написать: «В целях обеспечения ***независимости*** аккредитованного лица», но написали то, что написали.

обособленного подразделения, филиала или постоянного представительства на территории России), а также органов по верификации ПГ, имеющих международную аккредитацию. Вводимая законопроектом новая статья 7^1 устанавливает, что верификацию информации о выбросах ПГ могут проводить только юридические лица, аккредитованные в национальной системе аккредитации в соответствии с законодательством Российской Федерации. При этом не уточняется, о какой верификации идет речь. Значит, надо понимать так, что лица, не аккредитованные в российской системе аккредитации, не смогут проводить верификацию сведений о выбросах ПГ на территории России, и никаких исключений из этого правила нет. Если дело обстоит именно так, то это проблема. При таких ограничениях российский поставщик, который захочет представить покупателю в ЕС верифицированные сведения о выбросах ПГ, связанных с поставляемой продукцией, согласно требованиям CBAM, не сможет этого сделать, если ни один аккредитованный в ЕС орган по верификации ПГ не будет аккредитован в российской системе аккредитации. Как известно, с 2027 г. Китай тоже будет требовать верифицированные данные о выбросах ПГ, связанные с поставляемой на его рынок продукцией (к 2030 г. это коснется 200+ видов продукции). И что делать, если Китай, как и ЕС, потребует, чтобы верификацию проводили только такие органы по верификации, которые ему подконтрольны, т.е. аккредитованы по его правилам? А как быть с международными углеродными рынками и проектами сокращения выбросов ПГ по статье 6.4. Парижского соглашения, где требуется международное признание органов по валидации и верификации ПГ?

Другая содержащаяся в законопроекте новация состоит в том, что верификация информации о выбросах ПГ должна осуществляться на основе документов российской национальной системы стандартизации в области ограничения выбросов ПГ и методик количественного определения выбросов и поглощений ПГ, утвержденных уполномоченными федеральными органами исполнительной власти РФ. Это может стать проблемой. Добровольные отчеты о выбросах ПГ готовятся компаниями-эмитентами не по российским стандартам и методикам, а по международным, которым российские стандарты и методики часто не соответствуют (противоречат). Между тем одна из главных задач таких отчетов – информировать широкий круг стейкхолдеров, включая покупателей, инвесторов и т. д., в том числе иностранных и международных. А они привыкли ориентироваться на международные стандарты и читать отчеты, сделанные по этим стандартам. С учетом этого целесообразно было бы сделать оговорку, что информация о выбросах ПГ верифицируется в соответствии с применимыми стандартами и методиками аккредитованными органами по верификации, область аккредитации которых охватывает соответствующие стандарты и методики.

Новая статья о верификации устанавливает, что форма отчета о результатах проведения верификации информации о выбросах ПГ, а также правила проведения верификации информации о выбросах ПГ и представления результатов такой верификации в реестр выбросов ПГ, определяются Правительством Российской Федерации. Если бы верификация таких отчетов была обязательной, то ее регламентация Правительством Российской Федерации была бы абсолютно необходима. Но поскольку верификация отчетов о выбросах ПГ не является обязательной, то в этом нет смысла. Достаточно сослаться на действующие национальные стандарты в области верификации ПГ.

Важно не изолировать российскую систему углеродного учета и отчетности путем искусственного замыкания на национальных стандартах, методиках и процедурах верификации, а наоборот, сделать ее открытой для мира и международного признания. Для повышения доверия к российской системе углеродной отчетности и содействия в долгосрочной перспективе повышению конкурентоспособности российских компаний на мировых товарных и финансовых рынках важны:

- профессиональная подготовка и аттестация специалистов по верификации ПГ (по аналогии с тем, как это делается в отношении финансовых аудиторов);
- выборочная проверка деятельности органов по верификации ПГ, применяемых процедур и качества результатов этой деятельности (а не формального соответствия установленным критериям);
- допуск аккредитованных иностранных верификаторов при наличии у них обособленного подразделения, филиала или представительства в РФ;
- аккредитация (по их заявлению) органов по верификации ПГ, имеющих международную аккредитацию, в российской системе аккредитации.

Валидация и верификация климатических проектов отличается от верификации отчетов о выбросах ПГ от текущей деятельности. Область аккредитации для климатических проектов определяется типом проекта и применимой методикой расчета и мониторинга сокращений выбросов ПГ. За основу при этом предлагается принять деление проектов по секторам (т. е. категориям источников выбросов ПГ), принятое в рамках Механизма чистого развития Киотского протокола.[21,22]

Требование о создании в составе аккредитуемой организации специального подразделения по валидации и верификации ПГ является избыточным. В конечном счете ответственность за выполнение работ по валидации и верификации ПГ все равно несет организация, а не специальное подразделение. Главное – чтобы в штате аккредитуемой организации были специалисты, обладающие необходимой квалификацией и опытом работы, а уж в каком подразделении они числятся, значения не имеет.

Важно предусмотреть контроль со стороны аккредитующего органа за качеством работы аккредитованных органов по валидации и верификации ПГ через проведение выборочных проверок, в том числе путем прямого наблюдения за выполнением ими работ по валидации и верификации ПГ на основании поступивших конкретных заказов. По результатам осуществления проверок органы по валидации и верификации ПГ должны получать соответствующую оценку, на основании которой орган по аккредитации может принять одно из следующих решений:

- подтвердить аккредитацию органа по валидации и верификации ПГ;
- вынести предупреждение органу по валидации и верификации ПГ о частичном несоответствии установленным требованиям;
- приостановить аккредитацию органу по валидации и верификации ПГ в целом или по соответствующей области аккредитации;
- отменить аккредитацию органа по валидации и верификации ПГ в случае злостных или многочисленных нарушений установленных требований или в случае неустранения выявленных ранее нарушений в установленный срок.

Для этого необходимо скорректировать процедуру осуществления надзора за органами по валидации и верификации ПГ, взяв за основу, например, документы, разработанные в рамках Механизма чистого развития, или иные аналогичные регламентные документы и стандарты.[23]

Мировая торговля вступает в новую эру, когда документ об углеродном следе продукции становится таким же обязательным, как счёт-фактура или сертификат происхождения

[21] См. https://cdm.unfccc.int/DOE/scopelst.pdf
[22] См. https://cdm.unfccc.int/methodologies/methodologiesAccrv6/index.html
[23] См. https://cdm.unfccc.int/sunsetcms/storage/contents/stored-file-20200617103801928/Accr_proc01.pdf

товара».[24] Без верифицированных данных об углеродном следе продукции (УСП) товар либо не сможет пересечь таможенную границу, либо теряет ценовую конкурентоспособность на размер углеродного платежа, оцениваемого на базе очень высоких вмененных значений углеродного следа. Минимизация рисков потери ниш на внешних рынках возможна на основе:

- подготовки методической, информационной и организационной базы для дополнения отчетности по выбросам ПГ предприятиям отчетностью по УСП – удельным выбросам ПГ на единицу продукции и принятия стандартов расчета УСП;
- развития этой системы по мере увеличения номенклатуры продукции, охватываемой требованиями по расчету УСП;
- создания программных продуктов (калькуляторов), позволяющих при вводе единого блока данных получать на выходе оценки УСП по методикам и форматам, имеющимся на рынках назначения товара.

На основе данных национальной инвентаризации и отчетности и *Методики количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов*[25] нельзя полноценно оценить ни объемы всех источников прямых выбросов ПГ от производства конкретного вида продукции по охвату 1, ни выбросы по охватам 2 и 3. Данные инвентаризации и отчетности по Приказу Минприроды России № 371 не позволяют оценить прямые выбросы CO_2 от сжигания топлива при производстве отдельных видов продукции, поскольку они представлены по агрегированным отраслям или предприятиям в целом. На их основе также нельзя оценить косвенные выбросы, связанные с использованием электрической и тепловой энергии, и тем более выбросы охвата 3 (Башмаков и др., 2026). Правда, в схемах расчета выбросов жизненного цикла на основе данных НДК могут быть оценены выбросы на стадиях добычи сырья, его переработки и транспортировки (Башмаков и др., 2026).

Важными информационными инструментами политики декарбонизации стали расчет углеродного следа продукции и бенчмаркинг углеродоемкости. Информация по углеродному следу требуется в системах торговли квотами, в CBAM, в контрактах на разницу, в формировании стандартов на выбросы, в маркетинге продукции с низким углеродным следом, при реализации проектных механизмов и в системах добровольной отчётности.

Бенчмаркинг – это сопоставительный анализ с эталонными показателями для определения возможностей повышения эффективности производства. Ключевое условие эффективного бенчмаркинга – обеспечение сопоставимости показателей, или сравнение «*the like with the like*» Бенчмаркинг по уровню углеродоемкости широко используется для следующих целей:

- формирование пакетов мер государственной или корпоративной политики и предложений по технологическим решениям для расширения рыночных ниш наиболее эффективных технологий;
- выделение бесплатных квот на уровне эталонных показателей в системах торговли квотами (ЕС,[26] Китай и Калифорния[27]);

---

[24] Руководитель Органа по валидации и верификации парниковых газов АНО «СОЮЗЭКСПЕРТИЗА» ТПП РФ С. Ильянов. https://soex.ru/info/news/stanislav-ilyanov-uglerodnyy-sled-stanovitsya-takim-zhe-obyazatelnym-dokumentom-kak-schyet-faktura-i/

[25] Приказ Минприроды России № 371 от 27.05.22 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов».

[26] EU ETS. https://climate.ec.europa.eu/system/files/2021-10/policy_ets_allowances_bm_curve_factsheets_en.pdf

[27] CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD Appendix B: Development of Product Benchmarks for Allowance Allocation. https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/barcu/regact/2010/capandtrade10/candtappb.pdf

- определение уровня платежей импортеров в системах пограничного углеродного регулирования (*Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM*, European Commission. 2025);
- выявление эталонных технологий и практик производства, таких как наилучшие имеющиеся технологии (BAT), наилучшие доступные технологии (НДТ) в справочниках НДТ и наилучшие практически используемые технологии (BPT);
- оценка потенциала снижения удельных расходов энергии и удельных выбросов ПГ на основе сравнения с эталонными значениями и выявления возможностей для повышения эффективности производства (Jörß et al., 2023);
- определение целевых заданий и(или) пороговых значений по экономии энергии и снижению выбросов ПГ в системах низкоуглеродного регулирования;
- разработка и согласование корпоративных или отраслевых планов и дорожных карт по повышению энергоэффективности и декарбонизации;
- мониторинг достижения целевых заданий корпоративных или отраслевых планов и дорожных карт;
- оценка конкурентных позиций предприятий по отдельным показателям за счет сопоставления с аналогичными производствами;
- маркетинг продукции с низким углеродным следом, для чего необходимо обеспечение сопоставимости определения удельных выбросов ПГ для обеспечения справедливой конкуренции;
- выбор поставщиков с низким углеродным следом в государственных и корпоративных закупках для снижения углеродного следа продукции;
- определение критериев низкоуглеродной продукции в таксономиях при принятии решений о финансировании проектов по повышению энергоэффективности или декарбонизации.

Системы бенчмаркинга по удельным выбросам ПГ являются очень информационно емкими. **Требуются значительные усилия по сбору необходимой информации.** Как правило, из-за недостатка данных проведение эффективного регулярного бенчмаркинга по уровням удельных выбросов ПГ на основе имеющихся данных Росстата, НДК, справочников ИТС невозможно. Требуется формирование специально разработанных форм-анкет, данные которых вводятся в калькуляторы для проведения эффективного бенчмаркинга (Башмаков и др., 2021; 2023; 2024; 2025). При заполнении вопросников для системы бенчмаркинга важно контролировать корректность заполнения данных. Этой цели должны служить указанные в вопросниках диапазоны возможных значений удельных расходов материалов и энергии.

Для разных видов углеродоемкой продукции создан набор систем бенчмаркинга, включая расчетные калькуляторы. За рубежом это система WSA, 2021 и EUROFER для черной металлургии, которая полностью базируется на европейском стандарте Standard EN 19694-2 Stationary source emissions – Greenhouse Gas (GHG) emissions in energy-intensive industries – Part 2: Iron and steel industry;[28] (Hasanbeigi, 2025), международная система GCCA (2026)[29] для цементной промышленности и ряд национальных систем, включая BEST в Китае; есть система бенчмаркинга для отрасли удобрений (Fertilizers Europe, 2024) и др. В России существуют системы бенчмаркинга для продукции черной металлургии (по заказу ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»

[28] https://www.eurofer.eu/publications/reference-documents/excel-tool-for-european-standard-en-19694-2
[29] https://gccassociation.org/lcr-cement/

Башмаков и др., 2021); цементной промышленности (Башмаков и др., 2023), кирпичной (Башмаков и др., 2024), аммиачной (Башмаков и др., 2025) отраслей, а также для электроэнергетики (Башмаков и др., 2026, Bashmakov, 2026).

Особое внимание в системах бенчмаркинга уделяется выбору эталонного значения. В практике углеродного и энергетического регулирования для разных целей используются разные уровни бенчмарков, определяемых на основе выборки предприятий, ранжированных по удельным расходам энергии или по удельным выбросам ПГ:

- лучшее значение в выборке (может быть невоспроизводимым при наличии уникальных условий производства);
- среднее значение для первого дециля компаний или объемов выпуска продукции;
- уровень, замыкающий:
  - первый дециль;
  - первые 20%;
  - первый квартиль;
  - 90% от среднего значения;
- среднее значение;
- уровень, замыкающий первые 80% или первые 90%;
- значения индикативных показателей, определяемые в соответствии с методикой ГОСТ Р 113.00.30-2023.

В Китае уже действуют восемнадцать национальных стандартов оценки углеродного следа продукции (УСП) и их число быстро растет (ожидается разработка 400 стандартов к 2030 г.). Они включают расчет УСП для алюминия, стали, цемента, стекла, извести, изделий из пластмасс, химических волокон и др. В 2027 г. вступают в силу новые стандарты для сельскохозяйственной продукции, метанола, этилена, угля, изделия из древесины и бамбука, холодильного и кондиционерного оборудования, для основных видов генерации электроэнергии, электромобилей, автомобильных тяговых батарей и автомобильных тяговых электродвигателей и промышленных транспортных средств (Явич, 2026). В итоге в 2027 году стандартами расчёта УСП будет охвачено около 100 видов продукции, а к 2030 году – до 200. Требования по отчетности могут распространяться и на российских экспортеров продукции на китайский рынок в форме прямых запросов о верифицированной величине УСП по цепочке поставок; требований о предоставлении данных об УСП в тендерной документации при выборе поставщика, в т.ч. со стороны осуществляющих зеленые закупки госкомпаний (Явич, 2026). Риск ужесточения законодательства в КНР и рост требований к подтвержденным данным по УСП со стороны китайских клиентов оценивается как высокий (Бурмистров, 2026).

2.8 Неопределенности и пробелы в знаниях

Основные неопределенности в оценках выбросов ПГ касаются данных о фугитивных выбросах, выбросах при производстве азотной кислоты и нетто-выбросах в секторе ЗИЗЛХ. Высокая степень неопределенности сильно осложняет формулировку целевых заданий по контролю за выбросами ПГ, как в этих секторах, так и в целом по экономике, и осложняет или делает невозможным введение механизмов регулирования выбросов ПГ.

Данные отчетности компаний по выбросам, согласно приказу Минприроды России № 371, имеют ограниченную ценность: на их основе нельзя полноценно рассчитать углеродный след

продукции, оценить объемы всех источников прямых выбросов ПГ от производства конкретного вида продукции по охвату 1 или выбросы по охватам 2 и 3. Это снижает ценность имеющейся официальной отчетности для запуска механизмов регулирования выбросов ПГ. Важным элементом углеродного регулирования являются системы бенчмаркинга по углеродному следу. Их формирование возможно только при налаживании отчетности компаний по удельным выбросам ПГ при производстве основных видов углеродоемкой продукции.

После 2019 года интегральный технический потенциал снижения выбросов ПГ для России не оценивался. Это явный пробел в знаниях, без которого сложно формулировать задания по снижению выбросов в отдельных секторах.

Литература

1. Барталев С.А. 2023. Роль методов дистанционного зондирования из космоса в системе мониторинга бюджета углерода наземных экосистем России: современные возможности и потенциал развития. Научные дебаты «Какой должна быть национальная система мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России?», 9 ноября 2023 г., Москва.
2. Башмаков И. 2024. Оценка потенциала экономии энергии в нефтегазовом секторе России. Нефтегазовая вертикаль. №10 (524). Октябрь 2024.
3. Башмаков И.А., Борисов К. Б., Дзедзичек М. Г., Лунин А. А., Лебедев О. В., Скобелев Д. О., Гусева Т. В. 2026. Бенчмаркинг энергоэффективности и углеродоемкости производства энергии на тепловых электростанциях в Российской Федерации. Москва: Изд-во «Перо», 2026. – 356 с. ISBN 978-5-00270-925-0 https://cenef-xxi.ru/articles/benchmarking-energoeffektivnosti-i-uglerodoemkosti-proizvodstva-energii-na-tes-v-rossijskoj-federacii-kniga-cepp-i-cenef-xxi
4. Башмаков И.А. 2013. Разработка комплексных долгосрочных программ энергосбережения и повышения энергоэффективности: методология и практика, диссертация на соискание степени доктора экономических наук: ИНП РАН, 2013.
5. Башмаков И.А. 2024. Динамический единый топливно-энергетический баланс России – реальная оценка энергоэффективности страны. Энергосбережение № 4, 2024. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=8729; https://www.abok.ru/for_spec/articles/43/8729/tab.pdf
6. Башмаков И.А. 2025. Идеальной схемы построения единого энергобаланса нет. Энергосбережение № 5, 2025 https://www.abok.ru/for_spec/articles/45/9112/9112.pdf
7. Башмаков И.А., Е.Н. Потапова, К.Б. Борисов, О.В. Лебедев, Т.В. Гусева. 2023. Декарбонизация цементной отрасли и развитие систем экологического и энергетического менеджмента. *Строительные материалы*. 2023. №9, С. 4-12. DOI: http://doi.org/10.31659/0585-430X-2023-817-9-4-12
8. Башмаков И.А., Лебедев О.В., Гусева Т.В. 2024. Система бенчмаркинга углеродоемкости производства керамических изделий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. т. 26, № 2, 2024. С. 152-162. DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-152-164.

9. Башмаков И.А., Мышак А.Д. 2012а. Факторы, определившие динамику выбросов парниковых газов в секторе «Энергетика» России. Анализ на основе данных национального кадастра. – М.: АНО «Метеоагентство Росгидромета», 2012. 131 с.

10. Башмаков И.А., Мышак А.Д. 2012б. Факторный анализ эволюции российской энергоэффективности: методология и результаты // Вопросы экономики. – 2012. № 10. – С. 117-131.

11. Башмаков И.А., Скобелев Д.О., Борисов К.Б., Гусева Т.В. 2021. Системы бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов в черной металлургии // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2021. Т. 77. № 9. С. 1071-1086. Doi: 10.32339/0135-5910-2021-9-1071-1086.

12. Башмаков И.А., Борисов К.Б., Гусева Т.В., Дзедзичек М.Г., Лебедев О.В., Лунин А.А. 2026. Бенчмаркинг углеродоемкости производства энергии на тепловых электростанциях Российской Федерации, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 12, № 1, с. 33-66, doi:10.21513/2410-8758-2026-1-33-66.

13. Башмаков, И.А., Лебедев, О.В., Борисов, К.Б., Гусева, Т.В. 2025. Система бенчмаркинга по энергоэффективности и удельным выбросам парниковых газов при производстве аммиака, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 11, № 3, с. 316-337, doi:10.21513/2410-8758-2025-3-316-337.

14. Башмаков, И.А., Лебедев, О.В., Борисов, К.Б., Гусева, Т.В. 2026. Система бенчмаркинга по энергоэффективности и удельным выбросам парниковых газов при производстве азотной кислоты. (В печати).

15. Башмаков, И.А., Мышак, А.Д., Башмаков, В.А., Башмаков, В.И., Борисов, К.Б., Дзедзичек, М.Г., Лунин А.А., Лебедев, О.В., Шишкина Т.Б. 2023. Оценка вклада технологического фактора в повышение энергоэффективности и в динамику выбросов ПГ в секторе «Энергетика» России. *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 9, № 4, 2023. С. 210-248, doi:10.21513/2410-8758-2023-4-210-248.

16. Башмаков И., И. Грицевич и А. Колесов. 2000. Инвентаризация парниковых газов на Дальнем Востоке. Энергетическая эффективность, № 28. 2000.

17. Башмаков И.А., Грицевич И.Г. 1998. Международное сотрудничество в области снижения выбросов парниковых газов. Энергетическая политика. М.: 1998, вып. 6.

18. Бурмистров В. 2026. Климатическая политика Китая: взгляд бизнеса. Что нужно знать российскому бизнесу: опыт СИБУРа. Презентация на семинаре «Климатическая политика и углеродное регулирование в Китае: что нужно знать российскому бизнесу». 14 октября 2026. Институт экономики природных ресурсов и изменения климата НИУ ВШЭ.

19. Грицевич И. 2002. Снижение выбросов парниковых газов – приоритет деятельности ЦЭНЭФ // Энергетическая эффективность. 2002. № 35. С. 9–18.

20. Грицевич И., Колесов А. 2003. Готов ли российский бизнес к введению учета выбросов парниковых газов? // Энергетическая эффективность. №3 9. С. 8-13.

21. Грицевич И., Кокорин А. 2000. Инвентаризация выбросов парниковых газов в России.//Энергетическая эффективность. № 29. С. 23-24.

22. Грицевич И., Колесов А., Кокорин А. 2002. Межрегиональный проект разработки систем мониторинга и отчетности о выбросах парниковых газов в России. Результаты 2001 г. // Энергетическая эффективность. № 34. С. 6-11.

23. ИТС 2-2022 «Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот». Бюро НДТ и Росстандарт. Москва. 2022.

24. Кренке А.Н., А.В. Птичников, Е.А. Шварц, И.К. Петров. 2021. Величина баланса углерода лесов в национальной климатической политике России и Канады. Доклады Российской Академии наук. Науки о земле, 2021, том 501, № 2, с. 231–236.

25. Лукина Н.В., Барталев С.А., Курбатова Ю.А., Курганова И.Н., Шанин В.Н., Ершов Д.В., Данилова М.А., Тихонова Е.В., Замолодчиков Д.Г. 2024. Научные подходы к организации национальной системы мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России. ВИП ГЗ «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» https://rbf-ras.ru/wp-content/uploads/2023/11/AD_20231109_Lukina_NV.pdf

26. Лытов, В.М., Трофименко, Ю.В., Гинзбург, В.А., Якубович, А.Н., Шелмаков, С.В., Деянов, Д.А., Шашина, Е.В., Зеленова, М.С., Зайнулин, С.М. (2024). Актуализация оценок выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта в национальном кадастре за 2010-2021 гг., Экологический мониторинг и моделирование экосистем, т. XXXV, No 1-2, с. 101-123, doi:10.21513/0207-2564- 2024-1-2-101-123.

27. Лытов В.М., Трофименко Ю.В., Гинзбург В.А., Якубович А.Н., Шелмаков С.В., Деянов Д.А., Шашина Е.В., Зеленова М.С., Зайнулин С.М. 2026. Транспортная модель и оценка выбросов ПГ от дорожного и внедорожного транспорта. В сборнике: Развитие Российской системы расчетного мониторинга антропогенных потоков климатически активных веществ. К6. Антропогенные выбросы: кадастр. Москва, 2026. С. 92-114.

28. Макаров И.А., С. Алаташ. 2024. Выбросы парниковых газов по потреблению: от расчетов к политическим решениям. Вестник международных организаций. 2024. Т. 19. № 1. *doi:10.17323/1996-7845-2024-01-04* https://cyberleninka.ru/article/n/vybrosy-parnikovyh-gazov-po-potrebleniyu-ot-raschetov-k-politicheskim-resheniyam

29. Методика EMEP/EEA,2023 EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. 1.A.4 Non-road mobile machinery 2023. – URL: https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-non-road/view

30. МЭР РФ. 2019. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 1 августа 2019 г. № 471 *«Об утверждении методики расчета энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации и оценки вклада отдельных факторов в динамику энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации»*.

31. НДК. 2006. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2004 гг.

32. НДК. 2007. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2005 гг.

33. НДК. 2008. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2006 гг.

34. НДК. 2009. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2007 гг.

35. НДК. 2010. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2008 гг. Москва. 2010.

36. НДК. 2011. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2009 гг. Москва. 2011.

37. НДК. 2012. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2010 гг. Москва. 2012.

38. НДК. 2013. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2011 гг. Москва. 2013.

39. НДК. 2014. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2012 гг. Москва. 2014.

40. НДК. 2015. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2013 гг. Москва. 2015.

41. НДК. 2016. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2014 гг. Москва. 2016.

42. НДК. 2017. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2015 гг. Москва. 2017.

43. НДК. 2018. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2016 гг. Москва. 2018.

44. НДК. 2019. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2017 гг. Москва. 2019.

45. НДК. 2020. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2018 гг. Москва. 2020.

46. НДК. 2021. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2019 гг. Москва. 2021.

47. НДК. 2022. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2020 гг. Москва. 2022.

48. НДК. 2023. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2021 гг. Москва. 2023.

49. НДК. 2024. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями за 1990–2022 гг. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2024_v2_2024-10-31.pdf

50. НДК. 2025. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями за 1990–2023 гг. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2025_v1_rev_2025-04-18.pdf

51. НДК. 2026. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями за 1990–2024 гг. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NID_2026_vol1.pdf

52. Сафонов Г. (1999). Инвентаризация парниковых газов в России: пилотный проект по разработке системы мониторинга и отчетности. // Энергетическая эффективность. № 25. С. 3-6.

53. Сорокина Д. Д., А. В. Птичников, А. А. Романовская. 2023. Сравнительный анализ и оценка методик расчета поглощения парниковых газов лесными экосистемами, применяемых в Российской Федерации. Известия РАН. Серия географическая, 2023, том 87, № 4, с. 497–511. https://izvestia.igras.ru/jour/article/view/2301/1405

54. ЦЭНЭФ-XXI. 2019. Основные направления стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. Шифр темы: 0501-13-19.

55. Шанин В.Н., Фролов П.В., Коротков В.Н. Всегда ли искусственное лесовосстановление может быть лесоклиматическим проектом? // Вопросы лесной науки. 2022. Т. 5. № 2. Ст. 106. 37 с. DOI: 10.31509/2658-607X-202252-106.

56. Шульц К. (2000). Участники Второй международной конференции по проблеме снижения эмиссии метана признают необходимость объединения усилий. // Энергетическая эффективность. № 27. С. 23-24.

57. Явич М. 2026. Углеродный след продукции при поставках в Китай: к каким запросам готовиться российскому бизнесу. Презентация на семинаре «Климатическая политика и углеродное регулирование в Китае: что нужно знать российскому бизнесу». 14 октября 2026. Институт экономики природных ресурсов и изменения климата НИУ ВШЭ PowerPoint Presentation

58. Ang B. W., Choi K. H. (1997). Decomposition of Aggregate Energy and Gas Emission Intensities for Industry: A Refined Divisia Index Method // The Energy Journal. Vol. 18, No 3. P. 59–73.

59. Ang B. W., Lue F. L. (2001). A New Decomposition Method: Perfect in Decomposition and Consistent in Aggregation // Energy. Vol. 26. P. 537–548.

60. Ang B. W., Mu A. R., Zhou P. (2010). Accounting Framework for Tracking Energy Efficiency Trends // Energy Economics. Vol. 32. P. 1209–1219.

61. Bashmakov I. Greenhouse gas emissions inventory of the Soviet Union: Energy related emission, 1988. – Washington, 1992. – 36 p.

62. Bashmakov I. and A. Myshak. 2014. Russian Energy Efficiency Accounting System // Energy Efficiency. – 2014. Vol. 07, Issue 05, DOI 10.1007/s12053-014-9252-z.

63. Bashmakov I., A. Myshak, V.A. Bashmakov,·V.I. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichek,·A. Lunin, O. Lebedev, T. Shishkina. 2023. Russian energy balance, energy efficiency, and energy-related GHG emission accounting system // Energy Efficiency, 2023. DOI: 10.1007/s12053-023-10132-6.

64. Bashmakov Igor, Anna Myshak, Vladimir A. Bashmakov,·Vladmir I. Bashmakov, Konstantin Borisov, Maxim Dzedzichek,·Alexey Lunin, Oleg Lebedev, Tatiana Shishkina. 2023. Russian energy balance, energy efficiency, and energy-related GHG emission accounting system // Energy Efficiency, 2023. DOI: 10.1007/s12053-023-10132-6.

65. Bashmakov, I.A., L.J. Nilsson, A. Acquaye, C. Bataille, J.M. Cullen, S. de la Rue du Can, M. Fischedick, Y. Geng, K. Tanaka. 2022. Industry. 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: 10.1017/9781009157926.013

66. Bashmakov, I.A., Borisov, K.B., Guseva, T.V., Dzedzichek, M.G., Lebedev, O.V., Lunin, A.A. 2026. Benchmarking the carbon intensity of energy production at Russian thermal power plants, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 12, no. 1, pp. 33-66, doi:10.21513/2410-8758-2026-1-33-66.

67. Choi Ki-H., Ang B. W. (2012). Attribution of Changes in Divisia Real Energy Intensity Index – An Extension of Index Decomposition Analysis // Energy Economics. Vol. 34. P. 171–176.

68. Chomel, M., DesRochers, A., Baldy, D., Larchevêque, M., and Gauquelin, T. (2014). Non-additive effects of mixing hybrid poplar and white spruce on aboveground and soil carbon storage in boreal plantations. For. Ecol. Manage. 328, 292–299. doi: 10.1016/j.foreco.2014.05.048

69. Crippa M., Guizzardi D., Pagani F., Banja M., Muntean M. et al., 2026. GHG emissions of all world countries - 2026 Report, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2026DOI:10.2760/7717504

70. Dhakal, S., J.C. Minx, F.L. Toth, A. Abdel-Aziz, M.J. Figueroa Meza, K. Hubacek, I.G.C. Jonckheere, Yong-Gun Kim, G.F. Nemet, S. Pachauri, X.C. Tan, T. Wiedmann, 2022: Emissions Trends and Drivers. 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: 10.1017/9781009157926.004

71. EDGAR, 2025 (Emissions Database for Global Atmospheric Research) Community GHG Database (a collaboration between the European Commission, Joint Research Centre (JRC), the International Energy Agency (IEA), and comprising IEA-EDGAR CO2, EDGAR CH4, EDGAR N2O, EDGAR F-GASES version EDGAR_2025_GHG (2025) European Commission.

72. European Commission. 2025. Brussels, 16.12.2025. C (2025) 8552 final. Laying down rules for the application of Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and the Council as regards the establishment of default values.

73. European Commission. 2025. Brussels, 16.12.2025. C(2025) 8552 final. ANNEXES 1 to 4. ANNEXES to the Commission Implementing Regulation laying down rules for the application of Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and the Council as regards the establishment of default values. ANNEX I – Default values for goods imported into the customs territory of the Union, except for electricity.

74. Fertilizers Europe. 2024. Carbon Footprint Calculator for Fertilizer Products Specification. April 2024. https://www.fertilizerseurope.com/initiatives/carbon-footprint-calculator/

75. Harris N.L., Gibbs D.A., Baccini A., et al. Global Maps of Twenty-first Century Forest Carbon Fluxes // Nature Climate Change. 2021. V. 11. P. 234–240.

76. Hasanbeigi A. 2025. Steel Climate Impact 2025 An International Benchmarking of Energy and GHG Intensities. https://static1.squarespace.com/static/5877e86f9de4bb8bce72105c/t/68f30ceebdbccf7dc6b7c877/1760759022538/Steel+benchmarking+-10.10.2025-E.1.pdf

77. Global Carbon Budget (2025) – with major processing by Our World in Data. "Territorial emissions" [dataset]. Global Carbon Project, "Global Carbon Budget v15" [original data]. https://ourworldindata.org/profile/co2/russia

78. IEA. 2026. Greenhouse Gas Emissions from Energy Database. Accessed 16.10.2026. https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissions-from-energy#ghg-emissions-from-fuel-combustion

79. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html

80. IPCC. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3: Industrial Processes and Product Use. Chapter 3. Chemical industry emissions. 3.3 Nitric acid production.

81. Jörß W., S. Ludig and L. Schneider. 2023. Mitigation potentials for emissions of nitrous oxide from chemical industry in industrialised countries world-wide. Öko-Institut e.V. https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/NACAG-N2O-mitigation-potentials.pdf

82. Kaya Y. 1989. Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios.

83. Lamb, W.F., Wiedmann, T., Pongratz, J., Andrew, R., Crippa, M., Olivier, J.G.J., Wiedenhofer, D., Mattioli, G., Khourdajie, A.A., House, J., Pachauri, S., Figueroa, M.J., Saheb, Y., Slade, R., Hubacek, K., Sun, L., Ribeiro, S.K., Khennas, S., de la Rue du Can, S., Chapungu, L., Davis, S.J., Bashmakov, I., Dai, H., Dhakal, S., Tan, X., Geng, Y., Gu, B., Minx, J.C. (2021). A Review of Trends and Drivers of Greenhouse Gas Emissions by Sector from 1990 to 2018, Environmental Research Letters, vol. 16(7), 073005, available at: https://doi.org/10.1088/1748-9326/abee4e

84. Lee, J., Kim, J., 2021. A Decomposition Analysis of the Korean Manufacturing Sector: Monetary vs. Physical Outputs. Sustainability 2021, 13, 6192. https://doi.org/10.3390/su13116192

85. Liu, L. C., Kuchma, O., and Krutovsky, K. (2018). Mixed-species versus monocultures in plantation forestry: development, benefits, ecosystem services and perspectives for the future. Glob. Ecol. Conserv. 15:e00419. doi: 10.1016/j.gecco.2018.e00419

86. Malyavin, A. (2021): Unterstützung bei der Umsetzung der NACAG Initiative in der Russischen Föderation. GIZ / NACAG.

87. Nesterenko, N., Vetrova, M., and Abakumov, E. (2025). Comparative assessment of the economic efficiency of the afforestation project in the North-West of Russia. Sustainability 17:4007. doi: 10.3390/su17094007

88. Romanovskaya A.A., Korotkov V.N., Polumieva P.D., Trunov A.N., Vertyankina V.Yu., Karaban R.T. Greenhouse gas fluxes and mitigation potential for managed lands in the Russian Federation // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. — 2019. – https://doi.org/10.1007/s11027-019-09885-2.

89. Schepaschenko D., Moltchanova E., Fedorov S., et al. Russian Forest Sequesters Substantially More Carbon than Previously Reported // Sci Rep. 2021. 11. 12825.

90. Shvarts E.A., Pyzhev A.I., Baybar A.S. 2026. Coniferous vs. deciduous: why it is important to optimize the reforestation in Russia to save forests and preserve more carbon? // Frontiers in Forests and Global Change. 2026. Vol. 9. 1763500. DOI: 10.3389/ffgc.2026.1763500.

91. Tibrewal K, Ciais P, Saunois M et al. 2024. Assessment of methane emissions from oil, gas and coal sectors across inventories and atmospheric inversions. Commun Earth Environ 5:26. https://doi.org/10.1038/s43247-023-01190-w | www.nature.com/commsenv

92. Trofimenko et al, 2025 Trofimenko, Y.V., Ginzburg, V.A., Yakubovich, A.N., Lytov, V.M., Shelmakov, S.V., Zelenova, M.S. (2025). Improved methodology for the calculated monitoring of greenhouse gas emissions from the activities of road and off-road transport in the Russian Federation. Civil Aviation High Technologies, vol. 28, no. 1, pp. 78–96. DOI: 10.26467/2079-0619- 2025-28-1-78-96 https://avia.mstuca.ru/jour/article/view/2502/1426

93. Trofimenko et al, 2023 Trofimenko Y. V., Yakubovich A. N. and Lytov V. M. (2023). Development of Approaches to Updated Database on the Vehicle Fleet of Various Countries for Assessing Gross Greenhouse Gas Emissions; 2023 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED), Moscow, Russian Federation, pp. 1-5, doi:10.1109/TIRVED58506.2023.10332670.

94. United Nations Environmental Programme (2025). Emissions Gap Report 2025: Off target – Continued collective inaction puts global temperature goal at risk [Olhoff, A., chief editor; Lamb, W.; Kuramochi, T.; Rogelj, J.; den Elzen, M.; Christensen, J.; Fransen, T.; Pathak, M.; Tong, D. (eds)]. Nairobi. https://doi.org/10.59117/20.500.11822/48854

95. Vidovic, D., Marmier, A., Zore, L. and Moya, J. Greenhouse gas emission intensities of the steel, fertilisers, aluminium and cement industries in the EU and its main trading partners. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/359533, JRC134682.

96. Vilkov, A.; Tian, G. 2024. Efficiency Evaluation of Forest Carbon Sinks: A Case Study of Russia. Forests 2024, 15, 649. https://doi.org/10.3390/f15040649

97. Waring B, Neumann M, Prentice IC, Adams M, Smith P and Siegert M (2020) Forests and Decarbonization – Roles of Natural and Planted Forests. Front. For. Glob. Change 3:58. doi: 10.3389/ffgc.2020.00058

98. WSA. 2021. CO2 Data Collection User Guide, version 10. WSA. Review 2021. 2 July 2021 | Henk Reimink & Felipe Maciel.