



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДОКЛАД

О КАДАСТРЕ

**антропогенных выбросов парниковых газов
из источников и их абсорбции поглотителями
за 1990 – 2023 гг.**

Часть 1

Москва 2025

Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями разработан и представлен в соответствии с обязательствами Российской Федерации по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата, Киотскому протоколу к Рамочной Конвенции ООН об изменении климата и Парижскому соглашению.

Организационное руководство разработкой доклада осуществлялось Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Методическое руководство, оценки выбросов и абсорбции парниковых газов, подготовка и редактирование доклада выполнены Федеральным государственным бюджетным учреждением «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля (ФГБУ «ИГКЭ»).

Федеральные органы исполнительной власти, принимавшие участие в разработке доклада:

*Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет);
Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России);
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации;
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России);
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России);
Министерство транспорта Российской Федерации (Минтранс России);
Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России);
Министерство экономического развития Российской Федерации;
Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз);
Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация);
Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра);
Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр);
Федеральная служба государственной статистики (Росстат);
Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор);
Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор);*

В докладе использованы материалы, предоставленные следующими органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и организациями:

Министерство экологии и природопользования Московской области, ГК «Росатом», ФГБУН «Институт лесоведения РАН», ФГБУН «Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН», ФГБУН «Институт космических исследований РАН», ФГАУ «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», ФГБУ НИИСФ РААСН; ФГБУ «Рослесинфорг», ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, ПАО «Газпром», Объединенная компания «РУСАЛ», АО «Концерн Росэнергоатом», АО «Воркутауголь», АО «Мосводоканал», АО «Сибирская угольная энергетическая компания», АО «Экология», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ГУП «Экология», ГУП «Экотехпром», ОАО «Волжский абразивный завод, ООО «Корпорация производителей черных металлов»; ООО «КПО НЕВА», ООО «Сибирская генерирующая компания», ООО «Энит», ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ», ООО «Экоразвитие-МО», Национальный союз производителей молока.

Авторы-составители:

Романовская А.А., д.б.н., чл.-корр. РАН, Нахутин А.И., к.ф.-м.н., Гинзбург В.А., к.г.н., Грабар В.А., к.б.н., Зеленова М.С., к.г.н., Имиенник Е.В., к.г.н., Коротков В.Н., к.б.н., Бакурова Э.Ю., Вертянкина В.Ю., Григурина Т.В., Говор И.Л., Зайнулин С.М., Иванова В.А., Литвинчук Г.Г., Лытов В.М., Пожидаева А.Е., Полумиева П.Д., Попов Н. В., Самохвалов Д.М., Сорокина Д.Д., Трунов А.А., Шерстнева Е.А., Прохорова Л.А.

Контактные данные уполномоченных федеральных органов власти и организаций

***Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)***

ГСП-3, 125993, Москва, Нововаганьковский пер., д. 12

Тел.: +7 499 795-21-14; +7 499 252-14-86

Факс: +7 499 795-23-54

Электронная почта: roshydromet@meteorf.ru

***Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля»
(ФГБУ «ИГКЭ»)***

107258, Москва, ул. Глебовская, д. 20-Б

Тел.: +7 499 169-24-11

Электронная почта: fgbuigce@igce.ru

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|------------|
| Резюме..... | 6 |
| P.1 Общие сведения о кадастрах парниковых газов и изменении климата..... | 6 |
| P.2 Сводная информация о трендах национальных выбросов и абсорбции | 9 |
| P.3 Обзор выбросов и трендов по категориям источников и поглотителей..... | 11 |
| P.4 Прочая информация..... | 12 |
| P.5 Анализ ключевых категорий..... | 13 |
| P.6 Внедренные усовершенствования..... | 13 |
| 1. Национальные обстоятельства подготовки кадастра, институциональные механизмы и общая информация..... | 14 |
| 1.1 Общие сведения о кадастрах парниковых газов и изменении климата..... | 14 |
| 1.2 Национальные обстоятельства подготовки кадастра и институциональные механизмы | 18 |
| 1.3 Краткое общее описание методологий и использовавшихся источников данных | 21 |
| 1.4 Ключевые категории..... | 22 |
| 1.5 Краткое общее описание плана оценки подготовки кадастра, контроля качества и его реализации | 23 |
| 1.6 Общая оценка неопределенности, включая данные по общей неопределенности совокупных выбросов кадастра | 25 |
| 1.7 Общая оценка полноты кадастра..... | 26 |
| 1.8 Метрики | 26 |
| 1.9 Резюме по применявшейся гибкости | 26 |
| 2. Тренды выбросов и абсорбции парниковых газов | 27 |
| 2.1 Тренды агрегированных выбросов и абсорбции парниковых газов | 27 |
| 2.2 Тренды выбросов и абсорбции парниковых газов по секторам | 29 |
| 3. Энергетика (Сектор 1 ОТО) | 31 |
| 3.1 Обзор сектора и общая информация | 31 |
| 3.2 Сжигание топлива (ОТО 1.A) | 32 |
| 3.3 Фугитивные выбросы от твердого и жидкого топлива и природного газа и другие выбросы от производства энергии (ОТО 1.B) | 92 |
| 3.4 Транспортировка и хранение CO ₂ (ОТО 1.C)..... | 119 |
| 4. Промышленные процессы и использование продукции (Сектор 2 ОТО).... | 120 |
| 4.1 Обзор сектора и общая информация | 120 |
| 4.2 Производство минеральных материалов (2.A)..... | 122 |
| 4.3 Химическая промышленность (2.B)..... | 131 |
| 4.4 Металлургия (2.C)..... | 154 |
| 4.5 Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива (2.D) | 166 |
| 4.6 Электронная промышленность (2.E)..... | 171 |
| 4.7 Использование фторированных заменителей ОРВ (2.F)..... | 174 |
| 4.8 Производство и использование других продуктов (2.G)..... | 188 |
| 4.9 Другие производства (2.H)..... | 191 |
| 5. Сельское хозяйство (Сектор 3 ОТО)..... | 195 |
| 5.1 Обзор сектора и общая информация | 195 |
| 5.2. Выбросы при внутренней ферментации сельскохозяйственных животных (3.A) | 199 |
| 5.3 Выбросы CH ₄ от систем сбора и хранения побочной продукции животноводства (навоза) (3.B(a)) | 211 |

| | |
|---|------------|
| 5.4 Выбросы N ₂ O от систем сбора и хранения побочной продукции животноводства (навоза) (3.B(b)) | 215 |
| 5.5 Выращивание риса (3.C)..... | 225 |
| 5.6. Прямые выбросы от земель сельскохозяйственного назначения (3.D1) | 227 |
| 5.7 Косвенные выбросы от сельскохозяйственных земель (3.D2) | 244 |
| 5.8 Сжигание остатков растительности на полях (3.F)..... | 245 |
| 5.9 Выбросы от известкования, внесения мочевины и других углеродсодержащих удобрений (3.G-I) | 247 |
| 5.10 Неопределенность оценок выбросов..... | 248 |
| 5.11 Обеспечение и контроль качества | 251 |
| 5.12 Пересчеты и планируемые усовершенствования..... | 251 |
| 6. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (Сектор 4 ОТО) | 254 |
| 6.1 Обзор сектора и общая информация | 254 |
| 6.2 Определение землепользования, использованные подходы к представлению земель и их соответствие категориям землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства, включая матрицу конверсии земель | 258 |
| 6.3 Подходы, обусловленные национальной спецификой..... | 264 |
| 7. Отходы производства и потребления (Сектор 5 ОТО) | 378 |
| 7.1 Обзор сектора и общая информация | 378 |
| 7.2 Захоронение твердых отходов (5.A)..... | 381 |
| 7.3 Биологическая обработка твердых отходов (5.B.) | 394 |
| 7.4 Сжигание отходов (5.C)..... | 396 |
| 7.5 Очистка и сброс бытовых сточных вод (5.D.1) | 399 |
| 7.6 Очистка промышленных сточных вод (5.D.2)..... | 411 |
| 8. Пересчеты и усовершенствования | 419 |
| 8.1 Объяснение и обоснование перерасчетов, в том числе сделанных в ответ на замечания экспертов по рассмотрению Кадастра..... | 419 |
| 8.2 Влияние выполненных перерасчетов на уровни выбросов и абсорбции..... | 419 |
| 8.3 Влияние выполненных перерасчетов на тренды выбросов и абсорбции, включая согласованность временных рядов | 419 |
| 8.4 Области усовершенствования и укрепление потенциала | 420 |
| 9. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата..... | 421 |
| 9.1 Информация о российской системе оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов..... | 421 |
| 9.2 Информация о деятельности российского реестра углеродных единиц | 422 |
| 9.3 Дополнительная информация о деятельности в области землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства..... | 422 |

РЕЗЮМЕ

Р.1 Общие сведения о кадастрах парниковых газов и изменении климата

Климат можно определить, как совокупность всех погодных условий, наблюдавшихся на конкретной территории за некоторый продолжительный промежуток времени¹. При этом такой «конкретной территорией» может быть, как отдельный регион, или даже населенный пункт, так и целый континент или весь земной шар. Приведенное определение климата содержит довольно расплывчатое указание на срок наблюдений. Он не должен быть слишком коротким, поскольку тогда изменениями климата пришлось бы признать и смену времен года, и единичный аномально жаркий (или холодный) год. С другой стороны, использование слишком длительного промежутка времени, например, столетия, тоже вряд ли возможно хотя бы из-за отсутствия разветвленной сети метеорологических станций, производивших по всему миру каждодневные наблюдения в течение такого срока (Кароль, Киселев, 2013). Согласно рекомендациям ВМО оптимальным полагается 30-летний период. За такой период и осредняются данные метеорологических наблюдений чтобы охарактеризовать состояние климата.

Климатическая система Земли включает в себя не только атмосферу, но и гидросферу (океаны, моря, озера и реки), литосферу (сушу) и криосферу (снег, морской и горный лед, а также лед, содержащийся в материковых щитах Гренландии, Антарктиды и полярных островов, и, кроме того, вечную мерзлоту), и, наконец, биосферу, объединяющую все виды живого. Все эти составляющие климатической системы находятся в тесной связи друг с другом, обмениваясь энергией и массой (Кароль, Киселев, 2013).

Температура Земли (её атмосферы, гидросферы, литосферы и криосферы) определяется балансом между поступающей солнечной энергией и энергией, уходящей из атмосферы в космос. Существенное влияние на этот баланс оказывает присутствие в атмосфере газов и аэрозольных (твердых и жидких) частиц, создающих парниковый эффект. Парниковым эффектом называется поглощение в атмосфере Земли теплового излучения, испускаемого сушей и океаном, в результате чего количество уходящего в космос излучения оказывается меньшим, чем оно было бы в отсутствие поглотителей в атмосфере². Существование природного (не связанного с деятельностью человека) парникового эффекта приводит к тому, что средняя глобальная температура воздуха у земной поверхности равна примерно +14°C, в то время как в отсутствие парникового эффекта она была бы равна -19°C. Основной вклад в природный парниковый эффект вносит водяной пар (МГЭИК, 2013; ВМО, 2015).

Шестой доклад об оценках Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2023) констатирует, что в 2011–2020 годах глобальная приземная температура была на 1,09 °C [0,95–1,20] °C выше, чем в 1850–1900 годах, при этом над сушей ее повышение было более значительным (1,59 [1,34–1,83] °C), чем над океаном (0,88 [0,68–1,01] °C). Глобальная приземная температура с 1970 года росла быстрее, чем за любой другой 50-летний период, по крайней мере, за последние 2000 лет (высокая степень достоверности).

Вероятный диапазон общего антропогенного³ повышения глобальной приземной температуры в период с 1850–1900 гг до 2010–2019 гг. составляет от 0,8 до 1,3 °C (наилучшая оценка 1,07 °C). С высокой степенью вероятности, естественные факторы изменили за этот период глобальную приземную температуру в пределах от -0,1 °C до +0,1 °C, а внутренняя изменчивость – в пределах от -0,2 °C до +0,2 °C. Наблюдаемое увеличение концентрации хорошо перемешанных ПГ примерно с 1750 года по имеющимся научным данным вызвано выбросами ПГ в результате деятельности человека за этот период. Исторические совокупные чистые выбросы CO₂ с 1850 по 2019 год составили 2400 ± 240 ГтCO₂, из которых более половины (58%)

¹ Существуют и другие определения климата, несколько отличающиеся от приведенного. Обсуждение можно найти в книге (Груза, Ранькова, 2012).

² Здесь приводится упрощенное определение парникового эффекта. Более точное научное определение имеется, например, в Пятом докладе об оценках МГЭИК (МГЭИК, 2013, с. 196)

³ Вызванного человеческой деятельностью.

пришлось на период с 1850 по 1989 год, а около 42% пришлось на период с 1990 по 2019 год (высокая степень достоверности). В 2019 году концентрация CO₂ в атмосфере (410 частей на миллион) была выше, чем когда-либо за последние 2 миллиона лет (высокая степень достоверности), а концентрации метана (1866 частей на миллиард) и закиси азота (332 части на миллиард) были выше, чем когда-либо за последние 800 000 лет (очень высокая степень достоверности) - (IPCC, 2023).

Изменение климата не сводится лишь к повышению средней температуры воздуха у поверхности Земли, но проявляется во всех компонентах климатической системы, в том числе в изменениях гидрологического режима, ледяного покрова морей, экстремальности климата.

Российская Федерация занимает большую часть Восточной Европы и Северную Азию (рис. Р.1) и находится на первом месте среди стран мира по площади территории.

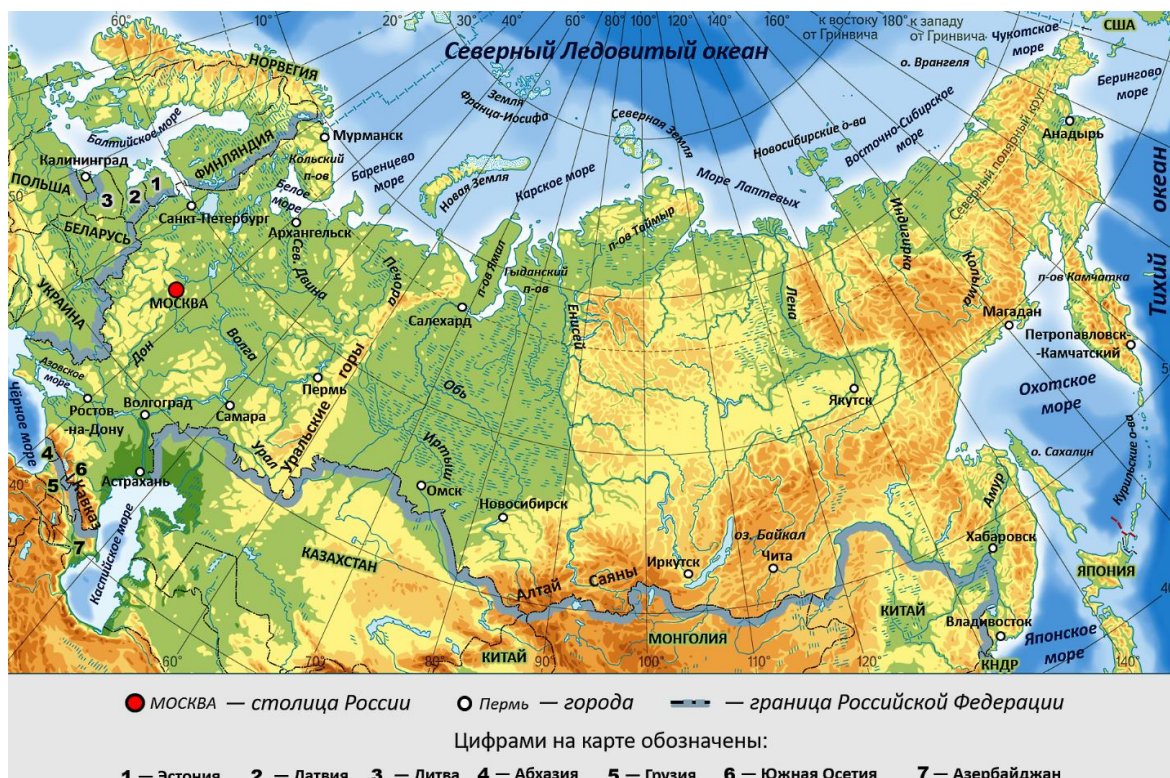


Рисунок Р.1 – Российская Федерация. Физическая карта и крупнейшие города

Климат России отличается значительным разнообразием. Ее территория располагается в четырех климатических поясах: арктическом, субарктическом, умеренном и субтропическом. Основная часть находится в умеренном поясе. Острова Северного Ледовитого океана и его материковое побережье относятся к арктическому и субарктическому поясам. На юге за пределы умеренного пояса выходит узкая полоса Черноморского побережья Кавказа, относящаяся к субтропическому поясу. Средняя годовая температура подстилающей поверхности изменяется от +12÷14°C на Северном Кавказе до -16÷-14°C в Республике Саха (Якутия).

Согласно данным, приведенным в Докладе об особенностях климата (Росгидромет, 2023), структура климатических трендов температуры, исследованных за период с 1981 по 2022 год, подтверждает тенденции потепления в тропосфере и тенденции значительного похолодания в нижней стратосфере.

Современное потепление продолжается на всей территории России в целом за год и во все сезоны. Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры за период 1976-2022 гг. составила 0,49°C / 10 лет. Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0,66°C / 10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (0,40°C / 10 лет: описывает 68% суммарной дисперсии).

Наблюдаемые и ожидаемые в будущем изменения климата на территории России обуславливают многочисленные и, зачастую, важные – отрицательные и положительные – последствия для природных и хозяйственных систем, а также для населения (Росгидромет, 2014, Росгидромет, 2022а).

Согласно оценкам, полученным с помощью современных климатических моделей, в течение XXI в. Россия останется регионом мира, где потепление климата существенно превышает среднее глобальное потепление. Ожидаются значительные изменения других климатических характеристик; в разных регионах России изменения могут существенно различаться.

Российская Федерация ратифицировала Рамочную Конвенцию ООН об изменении климата (РКИК ООН) 4 ноября 1994 г. (Российская Федерация, 1994). В 2004 году Россия ратифицировала Киотский протокол к РКИК ООН (Российская Федерация, 2004). В результате ратификации протокола Россией условия его вступления в силу, предусмотренные статьей 25, были выполнены, и 16 февраля 2005 г. Киотский протокол начал свое действие, став юридически обязательным как для самой России, так и для всех остальных участвующих в этом международном соглашении государств. В 2019 г. Россия присоединилась к Парижскому соглашению (Правительство, 2019).

Российская Федерация является Стороной РКИК ООН, входящей в приложение I и Стороной Киотского протокола, входящей в приложение «В». В соответствии со своими обязательствами по статьям 4 и 12 РКИК ООН, Российская Федерация разрабатывает, периодически (в настоящее время – ежегодно) обновляет, публикует и представляет Конференции Сторон через ее секретариат национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом.

Настоящий кадастр разработан в соответствии с требованиями Условий, процедур и руководящих принципов рамок для обеспечения транспарентности действий и поддержки, упомянутых в статье 13 Парижского соглашения и Руководящих указаний по введению в действие условий, процедур и руководящих принципов для расширенных рамок для обеспечения транспарентности, упомянутых в статье 13 Парижского соглашения (решения 18/СМА.1 и 5/СМА.3 Конференции Сторон, действующей в качестве совещания Сторон Парижского соглашения).

В состав кадастра входит текстовая часть и таблицы ОТО, содержащие в цифровом формате полную количественную информацию по выбросам и абсорбции парниковых газов за весь период, начинающийся с 1990 г.

Правовой основой для ведения Кадастра в настоящее время является Федеральный закон от 2 июля 2021 г. №296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». В целях реализации обязательств, вытекающих из Киотского протокола, и, в частности, из пункта 1 статьи 5, распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 марта 2006 г. № 278-р⁴ создана и функционирует российская система оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ, не регулируемых Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой, принятым в г. Монреале 16 сентября 1987 г. (далее – система оценки). Система оценки создана для решения следующих задач:

- оценка объемов антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов;
- представление ежегодно, в соответствии с РКИК ООН и Киотским протоколом, соответствующих данных в форме кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов;
- подготовка сообщений, представляемых в соответствии с РКИК ООН и Киотским протоколом;
- информирование органов государственной власти и органов местного самоуправления, организаций и населения об объемах антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ;

⁴ В настоящее время система оценки действует в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 15 мая 2017 г. № 930-р

- разработка мероприятий, направленных на ограничение (снижение) антропогенных выбросов из источников и (или) абсорбции поглотителями ПГ.

Р.2 Сводная информация о трендах национальных выбросов и абсорбции

Данные о совокупных антропогенных выбросах всех ПГ, не регулируемых Монреальским протоколом (в CO_2 -экв.), представлены на рисунке Р.2. и в таблице Р.1. По сравнению с 1990 годом – базовым годом РКИК ООН и Киотского протокола, совокупные выбросы значительно снизились (на 62,5% с учетом сектора ЗИЗЛХ, и на 33,8% – без его учета).

Основными драйверами изменения выбросов в России являются общие тенденции развития экономики (интегральным показателем которых является изменение ВВП), сдвиги в структуре ВВП, изменение энергоэффективности, а также общей эффективности экономики России, изменение структуры топливного баланса. Определенный вклад в динамику выбросов вносят общий тренд температуры воздуха на территории России и ее межгодовые колебания; эти факторы оказывают свое влияние опосредованно, через изменения потребления ископаемых видов топлива, воздействующие на величину выбросов в секторе «Энергетика».

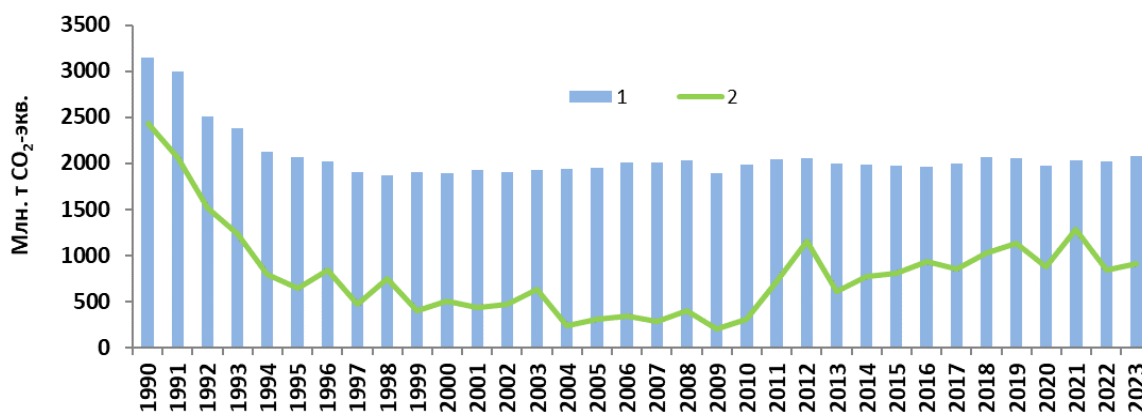


Рисунок 2.1 – Совокупные антропогенные выбросы парниковых газов в Российской Федерации, без учета (1) и с учетом (2) сектора ЗИЗЛХ

На протяжении 1990-1998 гг. в Российской Федерации происходил значительный спад выбросов, обусловленный общей отрицательной динамикой экономической ситуации в стране, сдвигами в структуре экономики и структуре топливного баланса. Минимальное значение выброса без учета сектора ЗИЗЛХ отмечено в 1998 г. В 1999-2008 гг., в период экономического подъема, происходившего как в сфере производства, так и в сфере потребления, выбросы, наоборот, демонстрировали устойчивый рост, однако скорость увеличения выбросов была значительно ниже скорости их уменьшения в предшествующие годы. Так, с 1990 г. по 1998 г. величина совокупного выброса (без учета сектора ЗИЗЛХ) уменьшилась на 1 279,7 млн. т CO_2 -экв., а с 2000 г. по 2008 г. она возросла лишь на 141,3 млн. т CO_2 -экв.

В 2009 году в стране произошло снижение выбросов, вызванное затронувшим Россию мировым экономическим кризисом. В 2010-2012 гг., в период посткризисного восстановления экономики, выбросы вновь возросли. За период 2013-2016 гг. совокупный выброс парниковых газов несколько уменьшился (на 94,9 млн. т CO_2 -экв., без учета сектора ЗИЗЛХ). В 2017-2018 гг. совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ имел тенденцию к росту, увеличившись на 5,1% относительно 2016 г. В 2019 г. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ сократился по отношению к 2018 году на 0,5% на фоне межгодового увеличения ВВП на 2,2%, причем большая часть этого сокращения была связана с уменьшением выбросов в секторе «Энергетика».

Таблица Р.1

Тенденции выбросов парниковых газов в Российской Федерации по парниковым газам (млн. т. CO₂-экв.)

| Сектор | Год | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| CO ₂ без учета ЗИЗЛХ | 2536,3 | 1618,3 | 1480,6 | 1564,0 | 1633,1 | 1637,3 | 1635,2 | 1629,3 | 1661,0 | 1709,9 | 1704,5 | 1631,9 | 1674,5 | 1675,5 | 1733,1 |
| CO ₂ с учетом ЗИЗЛХ | 1798,0 | 176,4 | 70,8 | -108,9 | -67,1 | 403,4 | 450,7 | 570,8 | 491,0 | 641,6 | 751,7 | 507,3 | 874,8 | 475,5 | 540,0 |
| CH ₄ без учета ЗИЗЛХ | 457,7 | 362,0 | 327,9 | 315,4 | 288,7 | 263,2 | 253,9 | 249,8 | 251,6 | 258,6 | 255,6 | 249,2 | 258,4 | 248,8 | 245,8 |
| CH ₄ с учетом ЗИЗЛХ | 469,2 | 371,7 | 339,8 | 332,9 | 303,1 | 280,3 | 268,4 | 270,7 | 265,8 | 279,0 | 276,4 | 265,8 | 289,3 | 259,2 | 257,1 |
| N ₂ O без учета ЗИЗЛХ | 108,4 | 62,3 | 50,2 | 48,3 | 49,6 | 53,0 | 54,4 | 57,0 | 57,7 | 57,3 | 59,5 | 61,6 | 62,8 | 65,3 | 65,8 |
| N ₂ O с учетом ЗИЗЛХ | 114,9 | 73,0 | 62,0 | 63,8 | 58,2 | 64,4 | 66,3 | 70,1 | 67,5 | 70,4 | 72,7 | 72,4 | 81,5 | 73,5 | 75,8 |
| ГФУ | 30,1 | 12,9 | 22,3 | 16,8 | 11,8 | 22,3 | 20,4 | 21,6 | 25,6 | 32,7 | 27,9 | 30,7 | 30,9 | 33,1 | 35,6 |
| ПФУ | 13,6 | 12,1 | 8,9 | 5,7 | 3,3 | 2,7 | 3,2 | 3,3 | 2,4 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,4 |
| SF ₆ | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 1,6 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,2 |
| NF ₃ | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Всего, без учета ЗИЗЛХ | 3147,5 | 2068,3 | 1890,8 | 1951,7 | 1987,6 | 1979,6 | 1968,1 | 1961,9 | 1999,5 | 2061,2 | 2050,1 | 1976,0 | 2029,3 | 2025,1 | 2082,9 |
| Всего, с учетом ЗИЗЛХ | 2427,2 | 646,9 | 504,8 | 311,9 | 310,4 | 774,2 | 809,9 | 937,4 | 853,4 | 1026,3 | 1131,3 | 878,8 | 1279,3 | 843,7 | 911,1 |
| Всего, без учета ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов | 3147,5 | 2068,3 | 1890,8 | 1951,7 | 1987,6 | 1979,6 | 1968,1 | 1961,9 | 1999,5 | 2061,2 | 2050,1 | 1976,0 | 2029,3 | 2025,1 | 2082,9 |
| Всего, с учетом ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов | 2427,2 | 646,9 | 504,8 | 311,9 | 310,4 | 774,2 | 809,9 | 937,4 | 853,4 | 1026,3 | 1131,3 | 878,8 | 1279,3 | 843,7 | 911,1 |

Таблица Р.2

Тенденции выбросов парниковых газов в Российской Федерации по секторам (млн. т. CO₂-экв.)

| Сектор | Год | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Энергетика | 2584,8 | 1685,7 | 1536,4 | 1589,2 | 1624,9 | 1581,9 | 1570,4 | 1562,5 | 1590,1 | 1640,5 | 1632,2 | 1547,7 | 1592,4 | 1596,6 | 1649,5 |
| Промышленные процессы и использование продукции | 274,8 | 178,3 | 191,6 | 206,0 | 197,7 | 221,2 | 219,0 | 217,2 | 225,8 | 236,7 | 232,1 | 239,3 | 247,3 | 238,7 | 244,3 |
| Сельское хозяйство | 231,8 | 148,8 | 103,1 | 89,6 | 89,1 | 92,3 | 93,2 | 95,8 | 96,5 | 96,3 | 97,8 | 100,5 | 101,2 | 101,7 | 101,2 |
| ЗИЗЛХ | -720,3 | -1421,4 | -1386,0 | -1639,8 | -1677,3 | -1205,4 | -1158,2 | -1024,4 | -1146,1 | -1034,9 | -918,7 | -1097,2 | -750,0 | -1181,3 | -1171,8 |
| Отходы | 56,2 | 55,4 | 59,6 | 66,9 | 75,9 | 84,3 | 85,5 | 86,4 | 87,2 | 87,9 | 88,0 | 88,5 | 88,3 | 88,0 | 87,9 |
| Всего, без учета ЗИЗЛХ | 3147,5 | 2068,3 | 1890,8 | 1951,7 | 1987,6 | 1979,6 | 1968,1 | 1961,9 | 1999,5 | 2061,2 | 2050,1 | 1976,0 | 2029,3 | 2025,1 | 2082,9 |
| Всего, с учетом ЗИЗЛХ | 2427,2 | 646,9 | 504,8 | 311,9 | 310,4 | 774,2 | 809,9 | 937,4 | 853,4 | 1026,3 | 1131,3 | 878,8 | 1279,3 | 843,7 | 911,1 |

В 2020 г., под влиянием пандемии COVID-19 и принимавшихся для ограничения ее воздействия мер, совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ сократился на 3,6%. В 2021 г. он возрос на 2,7% на фоне увеличения ВВП на 5,9%. В 2022 г. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ сократился по отношению к 2021 году на 0,2% при сокращении ВВП на 1,4%. В 2023 г. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ вырос на 2,9% по отношению к 2022 году при увеличении ВВП на 4,1%.

Р.3 Обзор выбросов и трендов по категориям источников и поглотителей

В таблице Р.2 представлены данные о выбросах и абсорбции ПГ с разбивкой по секторам кадастра⁵, а в таблице Р.3 – приращения выбросов ПГ по секторам.

Таблица Р.3

Приращения выбросов парниковых газов в Российской Федерации, %

| Год | Сектор | | | | | Всего, без учета ЗИЗЛХ | Всего, с учетом ЗИЗЛХ |
|---|------------|--|-----------------------|---------------------|--------|---------------------------|--------------------------|
| | Энергетика | Промышлен- ные процессы и использование продукции | Сельское хозяйство | ЗИЗЛХ ¹⁾ | Отходы | | |
| Последний год по отношению к предпоследнему | 3,3 | 2,3 | -0,5 | -0,8 | -0,1 | 2,9 | 8,0 |
| Последний год по отношению к базовому (1990 г.) | -36,2 | -11,1 | -56,3 | 62,7 | 56,4 | -33,8 | -62,5 |

¹⁾ Приращение нетто-абсорбции парниковых газов

Распределение выбросов по секторам в охватываемом кадастром периоде времени не претерпело значительных изменений (табл. Р.4).

В структуре выбросов доминирует энергетический сектор, доля которого в совокупном выбросе без учета ЗИЗЛХ составляла в 2023 г. 79,2%. Уменьшился до 4,9% вклад в совокупный выброс сектора «Сельское хозяйство» и несколько возрос, по сравнению с 1990 г., вклад промышленного сектора, составивший в 2023 г. 11,7%. Сектор «Отходы» по-прежнему занимает последнее место по вкладу в совокупный выброс (4,2%) несмотря на значительный рост величины выбросов между 1990 и 2023 гг. Наблюдавшиеся в секторах тенденции (динамика) выбросов определялись, в основном, изменениями объемов приводящей к выбросам экономической деятельности, изменениями использовавшихся технологий и оборудования.

Таблица Р.4

Распределение выбросов парниковых газов по секторам, %

| Год | Сектор | | | | Всего, без учета ЗИЗЛХ |
|--|------------|---|--------------------|--------|------------------------------|
| | Энергетика | Промышленные процессы и использование продукции | Сельское хозяйство | Отходы | |
| Базовый год (1990 г.) | 82,1 | 8,7 | 7,4 | 1,8 | 100,0 |
| Последний год, представленный в кадастре | 79,2 | 11,7 | 4,9 | 4,2 | 100,0 |

⁵Термины, «энергетический сектор», «энергетика» употребляются в данном разделе в том смысле, какой они имеют в РКИК ООН, Киотском протоколе (Приложение А) и методических руководствах МГЭИК: к энергетическому сектору относятся выбросы от сжигания всех видов ископаемого топлива, а также утечки и технологические выбросы топливных продуктов в атмосферу, независимо от того в каких отраслях экономики они происходят.

На протяжении всего периода 1990-2023 гг. в секторе ЗИЗЛХ абсорбция ПГ преобладала над выбросами (табл. 2.2). Доминирующим в данном секторе ПГ является CO₂. Общая динамика сектора ЗИЗЛХ в период 1990-2023 гг. определялась следующими основными факторами:

- увеличением поглощения на территории управляемых лесов вследствие сокращения объема лесозаготовки и увеличения площади управляемых лесов;
- аккумуляцией почвенного органического углерода на землях, переведенных из пахотных в кормовые угодья, в связи с ростом их площадей.

В 1990 г. величина антропогенного нетто-поглощения ПГ из атмосферы в этом секторе составляла 720,3 млн. т CO₂-экв. В 2023 г. сектор обеспечивал нетто-поглощение ПГ из атмосферы в размере 1171,8 млн. т CO₂-экв., компенсируя тем самым 56,3% общего выброса ПГ в других секторах.

Р.4 Прочая информация

В кадастр включены данные о выбросах и абсорбции всех ПГ, указанных в Приложении «А» Киотского протокола – CO₂, CH₄, N₂O, ГФУ, ПФУ, SF₆ и NF₃, а также газов с косвенным парниковым эффектом – NO_x, CO и SO₂. Оценки выбросов или абсорбции произведены для всех секторов и категорий источников и поглотителей по классификации МГЭИК, за исключением тех категорий, для которых на территории России отсутствует хозяйственная или иная деятельность, приводящая к выбросам/абсорбции, или для которых не существует методик оценки.

Методическую основу оценки выбросов и абсорбции парниковых газов составляют методологические руководства (доклады) МГЭИК (МГЭИК, 2006; IPCC, 2014a; IPCC, 2014b; IPCC, 2019), дополненные методическими разработками, основанными на отечественном опыте проведения национальных инвентаризаций и материалах научных исследований. При разработке кадастра были, в частности, использованы результаты, полученные в ходе выполнения Важнейшего инновационного проекта государственного значения ««Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИП ГЗ).

Детальная информация о методологиях расчета выбросов и поглощения ПГ по отдельным секторам и категориям выбросов и поглощений приведена в разделах 3 – 7 настоящего доклада. С учетом требований по эффективной практике разработки национальных кадастров (МГЭИК, 2006) для выполнения расчетов по категориям кадастра применялись методологические уровни 1, 2 или 3 МГЭИК. Описанные в разделах 3 – 7 методологические усовершенствования (в том числе усовершенствования коэффициентов выбросов) были внедрены при разработке текущего кадастра, если в тексте разделов не указано иное.

В соответствии с требованиями РКИК ООН, оценки охватывают всю территорию Российской Федерации. Природные (неантропогенные) выбросы и абсорбция в кадастре не учитываются.

В соответствии со своими обязательствами по статье 7 Киотского протокола, Российская Федерация включает в национальный кадастр дополнительную информацию, необходимую для целей обеспечения соблюдения Протокола. Данная информация содержится в разделе 9 кадастра. Учитывая тот факт, что Российская Федерация не ратифицировала Дохийскую поправку к Киотскому протоколу и не имела количественных обязательств во втором периоде действия Киотского протокола, дополнительная информация представляется в добровольном порядке.

Источниками данных для оценки величин выбросов и поглощений ПГ служат базы данных федеральной статистики (Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС), публикации Росстата, данные ведомственной статистики и другие данные, собираемые профильными федеральными органами исполнительной власти. Используются данные, представляемые отдельными компаниями (организациями) и данные, опубликованные в научно-технических и производственных изданиях.

Р.5 Анализ ключевых категорий

В соответствии с требованиями Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006), к ключевым отнесены категории, вносящие наибольший вклад в совокупный выброс ПГ в последнем году, охватываемом кадастром либо вносящие наибольший вклад в тренд совокупного выброса за весь учитываемый в кадастре период лет, начиная с 1990 г. Анализ ключевых категорий производится ежегодно, после окончания выполнения оценок выбросов/абсорбции во всех категориях и расчетов совокупного выброса ПГ. Анализ проводится с использованием методологического подхода уровня 1 МГЭИК (МГЭИК, 2006). Выделено 48 категорий, вносящих наибольший вклад в совокупный выброс и 43 категории, вносящие наибольший вклад в тренд совокупного выброса. Подробная информация о ключевых категориях содержится в приложении I (часть 2 настоящего доклада).

Результаты анализа ключевых категорий, приведенные в настоящем кадастре, будут, так же, как и в предыдущие годы, использованы в процессе планирования разработки следующего ежегодного кадастра, с целью уменьшения неопределенности оценок и оптимального распределения ресурсов – с тем, чтобы совершенствование методик, сбор и уточнение исходных данных, оценка и контроль качества для ключевых категорий производились в приоритетном порядке.

Р.6 Внедренные усовершенствования

В соответствии с требованиями Условий, процедур и руководящих принципов рамок для обеспечения транспарентности действий и поддержки, упомянутых в статье 13 Парижского соглашения (приложение к Решению 18/СМА.1 Конференции Сторон, действующей в качестве совещания Сторон Парижского соглашения и методических документов МГЭИК (МГЭИК, 2006; IPCC, 2014) в настоящем кадастре были произведены пересчеты величин выбросов и абсорбции ПГ и усовершенствования, в том числе касавшиеся методик выполнения расчетных оценок. При этом осуществлялись соответствующие процедуры управления качеством и контроля качества кадастра.

При выполнении пересчетов учитывались рекомендации Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению национальных кадастров, представленные в отчетах о рассмотрении предшествующих ежегодных кадастров.

Некоторые из выполненных пересчетов связаны с использованием более полных или уточненных данных по экономической и иной деятельности, приводящей к антропогенным выбросам или абсорбции ПГ, другие пересчеты были вызваны причинами методического характера. К таким причинам в том числе относится внедрение новых национальных коэффициентов выбросов, полученных в ходе выполнения проекта ВИП ГЗ. Были также исправлены обнаруженные в процессе внутреннего и внешнего рецензирования кадастра, ошибки в расчетах выбросов и абсорбции ПГ, в заполнении таблиц ОТО и в тексте НДК.

В зависимости от конкретной категории источников или поглотителей ПГ, пересчеты выполнялись для полного временного ряда, либо для отдельных его лет. Детализированная по категориям источников и поглотителей информация о пересчетах и усовершенствованиях приведена в разделах 3-7 настоящего доклада и в таблицах ОТО. Описанные в разделах 3 – 7 методологические усовершенствования (в том числе усовершенствования коэффициентов выбросов) были внедрены при разработке текущего кадастра, если в тексте разделов не указано иное.

1. НАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ПОДГОТОВКИ КАДАСТРА, ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1.1 Общие сведения о кадастрах парниковых газов и изменении климата

1.1.1 Изменение климата

Климат можно определить, как совокупность всех погодных условий, наблюдавшихся на конкретной территории за некоторый продолжительный промежуток времени⁶. При этом такой «конкретной территорией» может быть, как отдельный регион, или даже населенный пункт, так и целый континент или весь земной шар. Приведенное определение климата содержит довольно расплывчатое указание на срок наблюдений. Он не должен быть слишком коротким, поскольку тогда изменениями климата пришлось бы признать и смену времен года, и единичный аномально жаркий (или холодный) год. С другой стороны, использование слишком длительного промежутка времени, например, столетия, тоже вряд ли возможно хотя бы из-за отсутствия разветвленной сети метеорологических станций, производивших по всему миру каждодневные наблюдения в течение такого срока (Кароль, Киселев, 2013). Согласно рекомендациям ВМО оптимальным полагается 30-летний период. За такой период и осредняются данные метеорологических наблюдений чтобы охарактеризовать состояние климата.

Климатическая система Земли включает в себя не только атмосферу, но и гидросферу (океаны, моря, озера и реки), литосферу (сушу) и криосферу (снег, морской и горный лед, а также лед, содержащийся в материковых щитах Гренландии, Антарктиды и полярных островов, и, кроме того, вечную мерзлоту), и, наконец, биосферу, объединяющую все виды живого. Все эти составляющие климатической системы находятся в тесной связи друг с другом, обмениваясь энергией и массой (Кароль, Киселев, 2013).

Температура Земли (её атмосферы, гидросферы, литосферы и криосферы) определяется балансом между поступающей солнечной энергией и энергией, уходящей из атмосферы в космос. Существенное влияние на этот баланс оказывает присутствие в атмосфере газов и аэрозольных (твердых и жидких) частиц, создающих парниковый эффект. Парниковым эффектом называется поглощение в атмосфере Земли теплового излучения, испускаемого сушей и океаном, в результате чего количество уходящего в космос излучения оказывается меньшим, чем оно было бы в отсутствие поглотителей в атмосфере⁷. Существование природного (не связанного с деятельностью человека) парникового эффекта приводит к тому, что средняя глобальная температура воздуха у земной поверхности равна примерно +14°C, в то время как в отсутствие парникового эффекта она была бы равна -19°C. Основной вклад в природный парниковый эффект вносит водяной пар (МГЭИК, 2013; WMO, 2015).

Шестой доклад об оценках Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2023) констатирует, что в 2011–2020 годах глобальная приземная температура была на 1,09 °C [0,95–1,20] °C выше, чем в 1850–1900 годах, при этом над сушей ее повышение было более значительным (1,59 [1,34–1,83] °C), чем над океаном (0,88 [0,68–1,01] °C). Глобальная приземная температура с 1970 года росла быстрее, чем за любой другой 50-летний период, по крайней мере, за последние 2000 лет (высокая степень достоверности). Вероятный диапазон общего антропогенного⁸ повышения глобальной приземной температуры в период с 1850–1900 гг до 2010–2019 гг. составляет от 0,8 до 1,3 °C (наилучшая оценка 1,07 °C. С высокой степенью вероятности, естественные факторы изменили за этот период глобальную

⁶ Существуют и другие определения климата, несколько отличающиеся от приведенного. Обсуждение можно найти в книге (Груза, Ранькова, 2012).

⁷ Здесь приводится упрощенное определение парникового эффекта. Более точное научное определение имеется, например, в Пятом докладе об оценках МГЭИК (МГЭИК, 2013, с. 196)

⁸ Вызванного человеческой деятельностью.

1. Национальные обстоятельства подготовки кадастра, институциональные механизмы и общая информация

приземную температуру в пределах от $-0,1^{\circ}\text{C}$ до $+0,1^{\circ}\text{C}$, а внутренняя изменчивость – в пределах от $-0,2^{\circ}\text{C}$ до $+0,2^{\circ}\text{C}$ (IPCC, 2023).

Наблюдаемое увеличение концентрации хорошо перемешанных ПГ примерно с 1750 года по имеющимся научным данным вызвано выбросами ПГ в результате деятельности человека за этот период. Исторические совокупные чистые выбросы CO_2 с 1850 по 2019 год составили 2400 ± 240 Гт CO_2 , из которых более половины (58%) пришлось на период с 1850 по 1989 год, а около 42% пришлось на период с 1990 по 2019 год (высокая степень достоверности). В 2019 году концентрация CO_2 в атмосфере (410 частей на миллион) была выше, чем когда-либо за последние 2 миллиона лет (высокая степень достоверности), а концентрации метана (1866 частей на миллиард) и закиси азота (332 части на миллиард) были выше, чем когда-либо за последние 800 000 лет (очень высокая степень достоверности) - (IPCC, 2023).

Изменение климата не сводится лишь к повышению средней температуры воздуха у поверхности Земли, но проявляется во всех компонентах климатической системы, в том числе в изменениях гидрологического режима, ледяного покрова морей, экстремальности климата.

Во многих регионах земного шара происходят изменения региональных экстремальных значений температуры, в частности, уменьшается число морозных дней, увеличиваются значения максимальной температуры, а значения минимальной температуры становятся выше, увеличивается частота возникновения необычно теплых сезонов. Для региона Северной Азии, в котором находится значительная часть территории России, в изменениях сезонных и суточных экстремальных значений температуры выявлено антропогенное влияние, которые в целом согласуются с наблюдаемым глобальным потеплением. Анализ экстремальных явлений погоды, в частности, жаркого лета на Европейской территории России (ЕТР) в 2010 г., показал, что, хотя такие условия в основном генерируются внутренней изменчивостью климата, общее потепление, вызванное антропогенным воздействием, значительно увеличивает вероятность их возникновения.

Российская Федерация занимает большую часть Восточной Европы и Северную Азию (рис. 1.1) и находится на первом месте среди стран мира по площади территории.



Рисунок 1.1 – Российская Федерация. Физическая карта и крупнейшие города

Россия омывается морями Северного Ледовитого океана, Тихого океана, Атлантического океана. На более чем 67% площади территории России распространена вечная мерзлота (многолетнемерзлые породы).

Лесные земли⁹ занимают более половины земельной площади страны. Большая протяженность территории России с севера на юг и с запада на восток обусловила многообразие ландшафтов, отличающихся своей пространственной неоднородностью. Основные из них: арктические пустыни, постоянно покрытые снегом; тундра с низкорослой растительностью, большими заболоченными участками и вечной мерзлотой на относительно небольших глубинах почвы; тайга - обширные территории хвойных и смешанных лесов; степи – территории, покрытые травянистой растительностью.

Россия чрезвычайно богата природными ресурсами и занимает первое место в мире по разведанным запасам природного газа и других полезных ископаемых. По запасам таких ископаемых, как нефть, газ, уголь, медь, никель, редкоземельные металлы, золото, платиноиды, алмазы, горно-химическое сырье страна находится в группе мировых лидеров. В регионах Российской Федерации осуществляются многообразная хозяйственная, рекреационная и другие виды деятельности. Плотность населения на территории России колеблется от 0,1 чел. на км² до 5,1 тыс. чел. на км². Высока степень урбанизации. Доля городского населения в общей численности населения в 2022 г. составляла 74,9%, общая численность населения – 146,4 млн. человек. Экономические и демографические факторы оказывают влияние на величину и структуру антропогенных выбросов ПГ в атмосферу на территории страны.

Климат России отличается значительным разнообразием. Ее территория располагается в четырех климатических поясах: арктическом, субарктическом, умеренном и субтропическом. Основная часть находится в умеренном поясе. Острова Северного Ледовитого океана и его материковое побережье относятся к арктическому и субарктическому поясам. На юге за пределы умеренного пояса выходит узкая полоса Черноморского побережья Кавказа, относящаяся к субтропическому поясу. Средняя годовая температура подстилающей поверхности изменяется от +12÷14°C на Северном Кавказе до -16÷ -14°C в Республике Саха (Якутия).

Согласно данным, приведенным в Докладе об особенностях климата (Росгидромет, 2023), структура климатических трендов температуры, исследованных за период с 1981 по 2022 год, подтверждает тенденции потепления в тропосфере и тенденции значительного похолодания в нижней стратосфере.

В тропосфере добавление оценок аномалий за 2022 год к соответствующим рядам, ранее исследованным за период до 2021 года включительно, привело к увеличению значений трендов отдельных сезонов в отдельных широтных поясах: весенних аномалий в низких широтах, зимних и летних в умеренных, а также летних в высоких широтах. В нижней стратосфере во всех сезонах всех широтных зон, за исключением осени низких и умеренных широт, а также зимы высоких широт и весны низких широт, произошло уменьшение абсолютных значений оценок трендов. Несмотря на рекордное значение для зимы 2022 года, тренд температуры в нижней стратосфере высоких широт в зимний сезон остается статистически незначимым.

Среднегодовой тренд температуры в тропосфере всего Северного полушария не изменился и составил 0,19°C/10 лет. Абсолютное значение среднегодового тренда температуры в нижней стратосфере всего Северного полушария уменьшилось по сравнению с предыдущим годом на 0,01°C/10 и составило -0,36°C/10 лет.

Две тысячи двадцать второй год в России был в целом тёплым. Среднегодовая аномалия (отклонение от среднего за 1991-2020 гг. значения) температуры воздуха в среднем по России составила +0,87°C – пятая величина за период с 1936 года. Температуры выше климатической нормы наблюдались практически на всей территории страны (кроме Саян). Во всех физико-географических регионах и федеративных округах средняя температура была не ниже седьмой в ряду с 1936 г.; исключение составлял регион Прибайкалье и Забайкалья.

Современное потепление продолжается на всей территории России в целом за год и во все сезоны. Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры за период 1976-2022 гг. составила 0,49°C/ 10 лет. Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0,66°C / 10

⁹ Включая лесные земли лесного фонда и лесные земли, не входящие в лесной фонд.

1. Национальные обстоятельства подготовки кадастра, институциональные механизмы и общая информация

лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ($0,40^{\circ}\text{C} / 10$ лет: описывает 68% суммарной дисперсии).

В Северной полярной области начало современного потепления приходится на 1990-е годы. Зимой, после максимума 2016-2018 гг. наметилось понижение температуры, а летом – остановка роста. В морской Арктике приповерхностная температура воздуха начала повышаться во второй половине 1990-х годов (зимой с 1998 г., а летом с 1996 г.). На акватории арктических морей, по которым проходит Северный морской путь наблюдается большая межгодовая изменчивость приповерхностной температуры воздуха, но отмечаются те же особенности, что и во всей морской Арктике.

Потепление в Арктике сопровождается сокращением площади морского льда во все месяцы, кроме отдельных незначимых близких к нулю трендов в арктических морях с февраля по апрель. Наиболее заметно потеплело в 2010-е годы на акватории Сибирских арктических морей (Карское – Чукотское моря), по которым проходит Северный морской путь. Максимальные по абсолютной величине тренды приходятся на октябрь. Зимой сокращение ледовитости меньше, чем летом.

Площадь, занятая морским льдом на акватории российских морей в конце летнего сезона, в сентябре, за десять лет с середины 1990-х к середине 2000-х годов уменьшилась в несколько раз – с более 1200 до ~200 тыс. кв. км. В последующие годы площадь льда колебалась в основном ниже этого уровня с минимальным значением 26,3 тыс. кв. км в 2016 году, превысившим предшествующий минимум 2012 года (37 тыс. кв. км). С ноября по июнь моря покрываются сплоченными льдами, концентрация и толщина которых достигает максимума в апреле.

Осадки в 2022 г. в целом по России составили 105% нормы (среднего за 1991-2020 гг.) На территории России в целом преобладает тенденция к увеличению годовых сумм осадков: тренд за 1976-2022 гг. составляет $1,8\% / 10$ лет. Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории России наблюдается весной, увеличение осадков происходит практически повсеместно. Однако летом в центральных и южных регионах Европейской части России (ЕЧР) осадки убывают.

На значительной части территории страны сохраняется тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова. При этом наблюдается увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова на большей части территории страны. Тренды мощности сезонно-талого слоя вечной мерзлоты за редким исключением положительны на территории криолитозоны, что свидетельствует об устойчивой тенденции увеличения глубины оттаивания вечной мерзлоты в текущем столетии.

Наблюдаемые и ожидаемые в будущем изменения климата на территории России обуславливают многочисленные и, зачастую, важные – отрицательные и положительные – последствия для природных и хозяйственных систем, а также для населения (Росгидромет, 2014, Росгидромет, 2022а).

Связанные с изменением климата изменения природных систем суши на территории России многообразны. Увеличивается суммарный годовой сток рек; одновременно он перераспределяется по сезонам, растет его межгодовая изменчивость. Оледенение арктических островов и горное оледенение в основном деградирует. На равнине область протаявшей с поверхности многолетней мерзлоты увеличивается, а температура многолетнемерзлых пород повышается. Увеличивается вегетационный период, повышается первичная продуктивность экосистем. Наблюдается продвижение древесной растительности в горные тундры и продвижение темнохвойной тайги на территории, занимаемые лиственничниками на равнине. Увеличиваются интенсивность засух и охват ими территории, при этом долговременных трендов повторяемости засух не обнаружено. В условиях существующих сценариев изменения климата в XXI в. многие из этих тенденций сохранятся и даже усилятся. Однако возможно и обращение тенденций – изменение знака эффекта.

Изменения климата оказывают выраженное влияние на состояние здоровья населения России. Так, увеличение частоты и длительности волн жары – продолжительных периодов сухой и жаркой погоды – приводит к повышению заболеваемости и смертности, особенно в группах риска (дети, пожилые люди, люди с хроническими заболеваниями органов кровообращения и дыхания). Это негативное воздействие часто осложняется ухудшением качества воздуха, как

вследствие неблагоприятных метеорологических условий, так и из-за пожаров в лесах и на торфяниках.

Согласно оценкам, полученным с помощью современных климатических моделей, в течение XXI в. Россия останется регионом мира, где потепление климата существенно превышает среднее глобальное потепление. Ожидаются значительные изменения других климатических характеристик; в разных регионах России изменения могут существенно различаться.

1.1.2 Кадастр антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов

Российская Федерация ратифицировала Рамочную Конвенцию ООН об изменении климата (РКИК ООН) 4 ноября 1994 г. (Российская Федерация, 1994). В 2004 году Россия ратифицировала Киотский протокол к РКИК ООН (Российская Федерация, 2004). В результате ратификации протокола Россией условия его вступления в силу, предусмотренные статьей 25, были выполнены, и 16 февраля 2005 г. Киотский протокол начал свое действие, став юридически обязательным как для самой России, так и для всех остальных участвующих в этом международном соглашении государств. В 2019 г. Россия присоединилась к Парижскому соглашению (Правительство, 2019).

Российская Федерация является Стороной РКИК ООН, входящей в приложение I и Стороной Киотского протокола, входящей в приложение «В». В соответствии со своими обязательствами по статьям 4 и 12 РКИК ООН, Российская Федерация разрабатывает, периодически (в настоящее время – ежегодно) обновляет, публикует и представляет Конференции Сторон через ее секретариат национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом.

Настоящий кадастр разработан в соответствии с требованиями Условий, процедур и руководящих принципов рамок для обеспечения транспарентности действий и поддержки, упомянутых в статье 13 Парижского соглашения и Руководящих указаний по введению в действие условий, процедур и руководящих принципов для расширенных рамок для обеспечения транспарентности, упомянутых в статье 13 Парижского соглашения (решения 18/СМА.1 и 5/СМА.3 Конференции Сторон, действующей в качестве совещания Сторон Парижского соглашения).

В состав кадастра входит текстовая часть и таблицы ОТО, содержащие в цифровом формате полную количественную информацию по выбросам и абсорбции парниковых газов за весь период, начинающийся с 1990 г.

1.2 Национальные обстоятельства подготовки кадастра и институциональные механизмы

Правовой основой для ведения Кадастра в настоящее время является Федеральный закон от 2 июля 2021 г. №296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». В целях реализации обязательств, вытекающих из Киотского протокола, и, в частности, из пункта 1 статьи 5, распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 марта 2006 г. № 278-р¹⁰ создана и функционирует российская система оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ, не регулируемых Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой, принятым в г. Монреале 16 сентября 1987 г. (далее – система оценки). Система оценки создана для решения следующих задач:

- оценка объемов антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов;
- представление ежегодно, в соответствии с РКИК ООН и Киотским протоколом, соответствующих данных в форме кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов;
- подготовка сообщений, представляемых в соответствии с РКИК ООН и Киотским протоколом;

¹⁰ В настоящее время система оценки действует в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 15 мая 2017 г. № 930-р

1. Национальные обстоятельства подготовки кадастра, институциональные механизмы и общая информация

- информирование органов государственной власти и органов местного самоуправления, организаций и населения об объемах антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ;
- разработка мероприятий, направленных на ограничение (снижение) антропогенных выбросов из источников и (или) абсорбции поглотителями ПГ.

Указанным распоряжением Правительства Российской Федерации Росгидромету поручено обеспечить функционирование системы оценки, согласование с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти кадастра и представление его и другой необходимой в соответствии с Конвенцией и Киотским протоколом информации. Таким образом, Росгидромет выполняет функции уполномоченного национального органа по системе оценки.

Росгидрометом, по согласованию с федеральными органами исполнительной власти – участниками системы оценки был разработан Порядок формирования и функционирования российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов с указанием перечня данных государственной статистической отчетности и иных данных, а также информации о методах их сбора и обработки.

С учетом накопленного опыта был разработан и в 2022 г. утвержден новый Порядок подготовки кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, действующий в настоящее время¹¹. В соответствии с Порядком, федеральные органы исполнительной власти обеспечивают ежегодное представление в Росгидромет данных и информации, необходимых для разработки кадастра.

В случае необходимости к подготовке кадастра могут быть привлечены министерства и ведомства, не задействованные на постоянной основе в национальной системе. Кроме федеральных органов исполнительной власти, в работе системы оценки участвуют крупные компании. Так, были заключены соглашения о сотрудничестве между Росгидрометом и Объединенной компанией «Российский алюминий», Росгидрометом и ПАО «Газпром», предусматривающие обмен данными и информацией, обмен опытом, консультации и другие виды сотрудничества, направленные на разработку и совершенствование кадастра.

В рамках российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой, на ФГБУ «ИГКЭ» возложены сбор, обработка и хранения исходных данных, проведение оценок выбросов и абсорбции парниковых газов по категориям источников и секторам и подготовка проектов национальных докладов и других отчетных материалов для представления в органы РКИК и Киотского протокола и в заинтересованные органы государственной власти. Первичные данные о деятельности по источникам выбросов парниковых газов в энергетическом, промышленном, аграрном, лесном и других секторах экономики страны, а также необходимая методическая информация собираются ИГКЭ с использованием данных федеральной статистики, информационно-аналитических материалов министерств и ведомств, российских компаний, международных организаций, а также публикаций в научно-технической и производственной литературе. В случае необходимости, для сбора данных используются запросы, направляемые в располагающие необходимой информацией государственные и негосударственные организации. В ИГКЭ функционирует аппаратно-программная база для обеспечения выполнения оценок антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов, формирования и представления кадастра, хранения и архивирования данных и решения других, необходимых в рамках этой работы, задач.

В обобщенном виде схема подготовки кадастра приведена на рисунке 1.2. Инвентаризация парниковых газов организована по иерархическому принципу и состоит из нескольких уровней структурной организации, согласованные связи между которыми обеспечивают получение данных требуемой степени детализации и выполнение расчетов. Установлены источники данных и потоки информации, которые составляют основу для оценки выбросов и абсорбции парниковых газов в различных секторах экономики страны.

¹¹ Порядок подготовки кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Утвержден приказом Минприроды России от 15.10.2024 г., № 610.



Рисунок 1.2 – Организация инвентаризации парниковых газов в Российской Федерации

Как показано на рисунках 1.2 и 1.3, подготовка кадастра включает блок сбора и первичной обработки данных о хозяйственной деятельности силами ответственных министерств и ведомств; преобразование поступивших данных в форматы, требуемые для расчетов; анализ полноты информации; подготовку промежуточных данных для дальнейших расчетов; собственно расчетные оценки выбросов и поглощения парниковых газов, а также представление результатов потребителям и органам РКИК ООН, Киотского протокола и Парижского соглашения через секретариат РКИК ООН. Разработка запросов осуществляется ИГКЭ, их рассылка – либо непосредственно ИГКЭ, либо профильными министерствами и ведомствами. В случае необходимости запросы могут быть направлены Росгидрометом в министерства и ведомства, не задействованные на постоянной основе в национальной системе. Запросы также направляются компаниям и организациям различных форм собственности. Кроме того, ИГКЭ проводит анализ научно-технических и экономических публикаций с целью получения методической информации (коэффициенты выбросов парниковых газов, параметры технологических процессов), а также и дополнительных количественных данных о деятельности, приводящей к выбросам или абсорбции парниковых газов. В отдельных случаях для получения информации могут использоваться экспертные оценки.

В ИГКЭ осуществляется сбор, хранение, систематизация и анализ информации по всем видам антропогенных источников и поглотителей ПГ, с упором на ключевые источники и поглотители. Порядок хранения и архивирования исходных данных, материалов оценок выбросов и абсорбции и отчетных материалов (электронные таблицы Общего формата представления данных, НДК и другая документация) определяется специальным регламентом (ГУ ИГКЭ, 2007). Информация сохраняется на электронных (преимущественно) и бумажных носителях. В случае произведения ретроспективной коррекции используемых данных сохраняются как откорректированные, так и первоначальные данные.

1. Национальные обстоятельства подготовки кадастра, институциональные механизмы и общая информация



Рисунок 1.3 – Общая схема оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов

Рабочие таблицы расчетов выбросов и абсорбции ПГ, сохраняются не менее чем в 2-х экземплярах. Один из них хранится централизованно на сервере ИГКЭ, второй – на отдельном цифровом носителе. В подразделениях ИГКЭ, ответственных за подготовку разделов кадастра, хранятся рабочие копии соответствующих исходных данных и рабочих таблиц. Применяемая система дублирования хранения данных гарантирует сохранение и, в случае необходимости, восстановление материалов кадастра. Материалы, относящиеся к межведомственному взаимодействию, осуществляемому при подготовке кадастра, хранятся в Росгидромете (копии – в ИГКЭ).

Информация ограниченного доступа, необходимая для разработки кадастра, в том числе для оценки выбросов и абсорбции парниковых газов в отдельных категориях источников, запрашивается, поступает и хранится в ИГКЭ в соответствии с требованиями действующих в Российской Федерации нормативно-правовых актов. В соответствии с положениями Руководящих принципов (РКИК ООН, 2014) использованная при разработке информация ограниченного доступа в кадастре не приводится.

1.3 Краткое общее описание методологий и использовавшихся источников данных

Методическую основу оценки выбросов и абсорбции парниковых газов составляют методические руководства (доклады) МГЭИК (МГЭИК, 2006; IPCC, 2014a; IPCC, 2014b; IPCC, 2019), дополненные методическими разработками, основанными на отечественном опыте проведения национальных инвентаризаций и материалах научных исследований. При разработке кадастра были, в том числе, использованы результаты, полученные в ходе выполнения Важнейшего инновационного проекта государственного значения ««Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИП ГЗ).

При подготовке Кадастра Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды обеспечиваются:

- учет опубликованных в рецензируемых научных и научно-технических изданиях и монографиях результатов апробации вновь разработанных (обновленных) национальных коэффициентов, учитывающих особенности применяемых в Российской Федерации технологических процессов, сырья и материалов, а также учет характеристик природных экосистем;
- ведение перечня национальных коэффициентов, используемых при подготовке Кадастра;
- формирование с учетом предложений федеральных органов исполнительной власти, а также замечаний и рекомендаций, изложенных в отчетах группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению Кадастра, и реализация совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти плана разработки (обновления) национальных коэффициентов, включающего список разрабатываемых (обновляемых) национальных коэффициентов и технические задания на их разработку (обновление);
- осуществление согласования разработанных (обновленных) национальных коэффициентов с федеральными органами исполнительной власти, участвующими в разработке кадастра;
- включение разработанных (обновленных) национальных коэффициентов после их согласования с федеральными органами исполнительной власти в перечень национальных коэффициентов, используемых при подготовке Кадастра.

Детальная информация о методологиях расчета выбросов и поглощения ПГ по отдельным секторам и категориям выбросов и поглощений приведена в разделах 3 – 7 настоящего доклада. С учетом требований по эффективной практике разработки национальных кадастров (МГЭИК, 2006) в категориях для выполнения расчетов применялись методологические уровни 1, 2 и 3 МГЭИК. Описанные в разделах 3 – 7 методологические усовершенствования (в том числе усовершенствования коэффициентов выбросов) были внедрены при разработке текущего кадастра, если в тексте разделов не указано иное.

Источниками данных для оценки величин выбросов и поглощений ПГ служат базы данных федеральной статистики (Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС), публикации Росстата, данные ведомственной статистики и другие данные, собираемые профильными федеральными органами исполнительной власти. Используются данные, представляемые отдельными компаниями (организациями) и данные публикаций в соответствующей научно-технической литературе. Детальная информация об использованных данных приведена в разделах 3 – 7 и приложениях к настоящему докладу.

1.4 Ключевые категории

В соответствии с требованиями Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006), к ключевым отнесены категории, вносившие наибольший вклад в совокупный выброс ПГ в последнем году, охватываемом кадастром либо вносившие наибольший вклад в тренд совокупного выброса за весь учитываемый в кадастре период лет, начиная с 1990 г. Анализ ключевых категорий производится ежегодно, после окончания выполнения оценок выбросов/абсорбции во всех категориях и расчетов совокупного выброса ПГ. Анализ проводится с использованием методологического подхода 1 МГЭИК для определения ключевых категорий (МГЭИК, 2006). Выделены 48 категорий, внесших наибольший вклад в совокупный выброс и 43 категории, внесшие наибольший вклад в тренд совокупного выброса. Подробная информация о ключевых категориях, включая информацию об использованном при проведении анализа уровне детализации, содержится в таблицах приложения I (часть 2 настоящего доклада).

Результаты анализа ключевых категорий, приведенные в настоящем кадастре, будут, так же, как и в предыдущие годы, использованы в процессе планирования разработки следующего ежегодного кадастра, с целью уменьшения неопределенности оценок и оптимального распределения ресурсов – с тем, чтобы совершенствование методик, сбор и уточнение исходных

данных, оценка и контроль качества для ключевых категорий производились в приоритетном порядке.

1.5 Краткое общее описание плана оценки подготовки кадастра, контроля качества и его реализации

Обеспечение и контроль качества национального кадастра парниковых газов осуществляются на постоянной основе и имеют многоступенчатый характер. Как показано на рисунке 1.3, федеральные органы исполнительной власти представляют ИГКЭ данные о деятельности как в детализированном, так и в обобщенном (агрегированном) виде. Соответственно, первичные мероприятия по проверке качества таких данных выполняются по внутриведомственным методикам силами федеральных органов исполнительной власти, ответственных за их сбор и обобщение. В свою очередь, ИГКЭ выполняет вторичный контроль и проверку данных о деятельности, параметров и расчетов, выполненных на основе предоставленных данных. В случае несовпадения величин предпринимаются меры по уточнению и, при необходимости, корректировке их значений.

Внутренние процедуры обеспечения и контроля качества регламентированы документом ИГКЭ (ГУ ИГКЭ, 2007а). Упомянутый документ определяет объем, перечень и сроки проведения мероприятий по обеспечению и контролю качества кадастра, их соответствие положениям руководящих принципов МГЭИК, а также требованиям соответствующих нормативных документов РКИК ООН. Общую координацию мероприятий по обеспечению и контролю качества национального кадастра парниковых газов осуществляет ИГКЭ. Организационная диаграмма обеспечения и контроля качества приведена на рисунке 1.4.

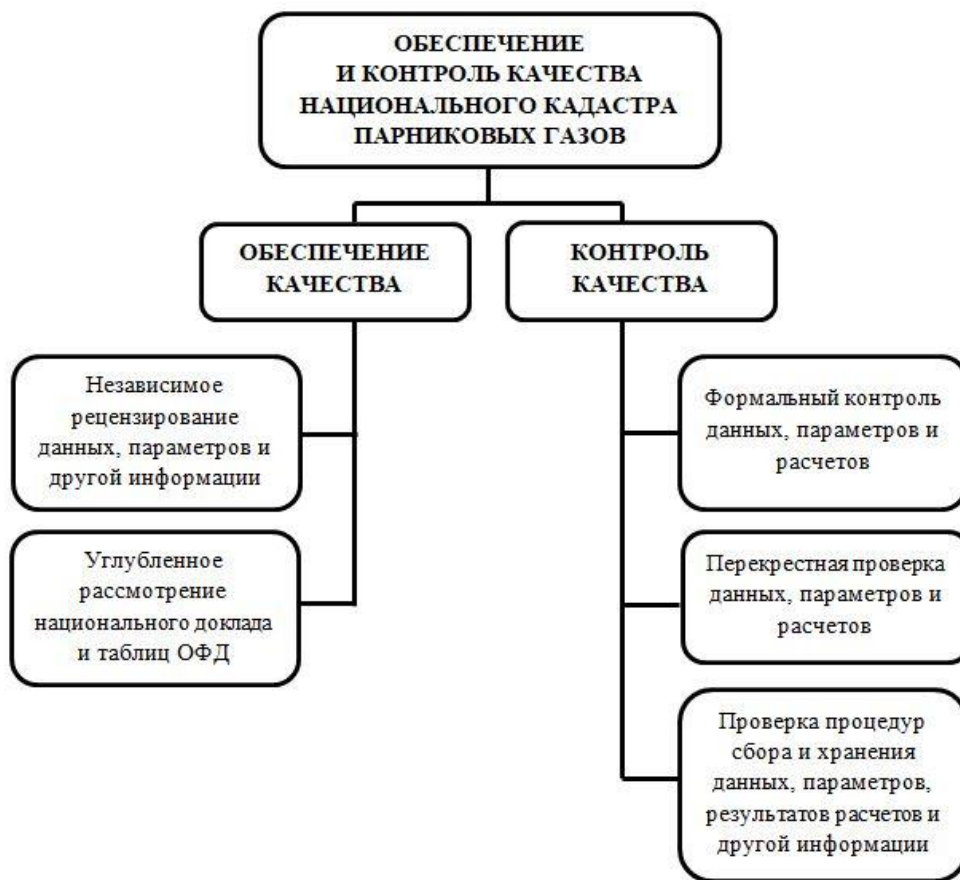


Рисунок 1.4 – Организационная диаграмма обеспечения и контроля качества национального кадастра парниковых газов Российской Федерации

Как следует из рисунка 1.4, выполняемые в ИГКЭ процедуры контроля качества включают:

- формальный контроль данных о деятельности, параметров и расчетов;
- перекрестную проверку данных, параметров и расчетов;
- проверку процедур сбора и хранения данных о деятельности, параметров, расчетных и других материалов, включая информацию о рассмотрении экспертными группами РКИК ООН.

Формальный контроль и перекрестная проверка данных о деятельности, параметров и расчетов осуществляются специалистами ИГКЭ, непосредственно отвечающими за подготовку отдельных разделов национального кадастра в сфере их компетенции. Ошибки, допущенные при вводе данных, использовании неправильных параметров и некорректных методов, выявляются и своевременно исправляются. Перечень отдельных работ, требования к ним, периодичность и ответственные исполнители определены документом (ГУ «ИГКЭ», 2007а). Для ключевых категорий применяется контроль качества по уровню 2 МГЭИК, который включает проверки данных о деятельности, величин выбросов и абсорбции ПГ, оценок неопределенности по каждой из ключевых категорий кадастра.

Процедуры обеспечения качества могут включать независимую оценки национального кадастра ПГ для обеспечения его соответствия методологиям МГЭИК и РКИК ООН, а также выявление элементов, которые могут быть улучшены в ходе дальнейших работ. Такие процедуры организуются ИГКЭ и выполняются с привлечением независимых организаций и экспертов, не принимавших непосредственное участие в подготовке национального кадастра, но имеющих опыт работ в области оценки выбросов и поглощения ПГ и, как правило, знакомых с методологиями МГЭИК. В обеспечении качества кадастра также участвуют организации, министерства и ведомства, представившие данные для кадастра. В процессе обеспечения качества учитываются результаты обсуждения опубликованных материалов кадастра специалистами и общественностью. Как показано на рисунке 1.4, мероприятия по обеспечению качества включают:

- рецензирование данных, параметров и другой фактической информации, содержащейся в Кадастре парниковых газов;
- углубленное рассмотрение национального доклада и таблиц ОТО.

Рецензирование данных, параметров и другой фактической информации НДК является независимой проверкой корректного использования данных о деятельности и другой информации, представляемой разработчикам кадастра организациями и ведомствами. Ее основная цель – выявить неточности и ошибки в использовании исходных данных и другой информации и обеспечить использование самых последних и наиболее точных данных и параметров при выполнении расчетов. Проверка содержащейся в НДК информации выполняется организациями, министерствами и ведомствами, осуществлявшими представление указанной информации в сфере своей компетенции. Поступающие от министерств, ведомств и организаций замечания и предложения вносятся ИГКЭ в текст НДК. При необходимости, выполняется пересчет величин выбросов и абсорбции ПГ.

Углубленное рассмотрение национального доклада и таблиц ОТО – это техническое рецензирование и анализ использованных методов и процедур расчетов, предположений и допущений, а также порядка представления информации по отдельным разделам или секторам, входящим в НДК и таблицы ОТО. Углубленное рассмотрение выполняется путем проверки документации и удостоверения правдоподобности применяемых предположений, прозрачности и полноты кадастра, а также его соответствия требованиям МГЭИК и РКИК ООН. Углубленное рассмотрение выполняется независимыми организациями и экспертами, не принимавшими непосредственное участие в подготовке национального кадастра, но имеющими опыт работ в области оценки выбросов и поглощения ПГ и знакомых с методологиями МГЭИК.

Независимые организации, эксперты и ведомства, в сфере своей компетенции, представляют заключения с анализом систем сбора и хранения материалов национального кадастра и содержащихся в нем данных и параметров для расчетов выбросов, и абсорбции парниковых

1. Национальные обстоятельства подготовки кадастра, институциональные механизмы и общая информация

газов. Заключение также содержит оценку корректности расчетов и их соответствия требованиям методологии МГЭИК, а также рекомендации по их усовершенствованию. Полученные замечания и предложения рассматриваются ответственными исполнителями работ по отдельным разделам кадастра и используются для его усовершенствования.

Важным элементом обеспечения качества кадастра являются его детальное рассмотрение группами экспертов РКИК ООН, проводимое, как правило, ежегодно. Результаты рассмотрения и рекомендации экспертов РКИК ООН используются для постоянного усовершенствования кадастра.

В документе (ГУ ИГКЭ, 2007а) представлены графики подготовки и обеспечения и контроля качества национального кадастра. Графики имеют достаточную степень детализации по видам и срокам выполнения работ и охватывают практически весь календарный год, начиная с момента представления кадастра парниковых газов за предшествующий год и заканчивая его представлением за текущий год. График обеспечения и контроля качества соответствует плану обеспечения и контроля качества, необходимость подготовки которого устанавливается соответствующими документами МГЭИК и РКИК ООН. Процедуры обеспечения и контроля качества согласованы с графиком подготовки кадастра и могут корректироваться исходя из изменений в данных, методологии, ключевых категориях и источниках, для которых с момента подготовки последнего кадастра произошли изменения. Следует отметить, что в связи с высокой ресурсоемкостью, отдельные виды процедур контроля качества по Уровню 2 МГЭИК выполняются раз в 2-3 года, что находит соответствующее отражение в графике обеспечения и контроля качества. Информация об отдельных мероприятиях по обеспечению и контролю качества по категориям источников и по секторам включена в разделы 3-7 настоящего доклада.

В порядке реализации рекомендаций Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению кадастра, в частности, рекомендации G.5 отчета по рассмотрению кадастра за 1990 - 2018 гг., экспертам, разрабатывающим разделы 3 – 7 и 10 кадастра, было предложено при внесении в НДК неколичественной информации методического характера выполнять сверку вносимой информации с таблицами ОТО.

Элементы плана оценки и контроля качества, обеспечивающие своевременность представления кадастра, представлены в приложении IV (часть 2 настоящего доклада).

1.6 Общая оценка неопределенности, включая данные по общей неопределенности совокупных выбросов кадастра

В кадастре выполнена количественная оценка неопределенности выбросов (абсорбции) для всех включенных в него секторов и категорий, а также для совокупного выброса ПГ с учетом сектора ЗИЗЛХ (общая неопределенность кадастра). Подробные сведения о неопределенностях, включая информацию об использованном при проведении анализа уровне детализации категорий, содержатся в разделах 3 – 7 и, в табличном формате, в приложении II (часть 2 настоящего доклада). Уровень детализации, примененный при анализе неопределенности совокупного выброса, совпадает с уровнем детализации, использованным при анализе ключевых категорий.

Общая неопределенность совокупного выброса с учетом ЗИЗЛХ в последнем отчетном году кадастра составляла 27,4 %, неопределенность тенденции (тренда) – 14,6 %.

Оценки неопределенности для индивидуальных категорий выбросов и абсорбции ПГ пересматриваются ежегодно, с учетом изменения характера и величин данных о деятельности или изменения источников таких данных, а также при изменении коэффициентов или иных параметров расчетов выбросов/абсорбции. Оценка общей неопределенности кадастра также производится ежегодно, после окончания выполнения оценок выбросов/абсорбции во всех категориях и расчетов совокупного выброса ПГ. Результаты оценки неопределенности, приведенные в настоящем кадастре, будут, так же, как и в предыдущие годы, использованы в процессе планирования разработки следующего ежегодного кадастра.

1.7 Общая оценка полноты кадастра

В кадастр включены данные о выбросах и абсорбции всех ПГ, указанных в Приложении «А» Киотского протокола – CO₂, CH₄, N₂O, ГФУ, ПФУ, SF₆ и NF₃, а также газов с косвенным парниковым эффектом – NO_x, НМЛОС, СО и SO₂. Оценки выбросов или абсорбции произведены для всех секторов и категорий источников и поглотителей по классификации МГЭИК, за исключением тех категорий, для которых на территории России отсутствует хозяйственная или иная деятельность, приводящая к выбросам/абсорбции, или для которых не существует методик оценки. Более подробная информация о полноте охвата категорий источников и поглотителей по секторам МГЭИК приведена в соответствующих разделах настоящего доклада.

В соответствии с требованиями РКИК ООН, оценки охватывают всю территорию Российской Федерации. Природные (неантропогенные) выбросы и абсорбция в кадастре не учитываются.

Выборы, относящиеся к сектору «Прочие» (сектор 6 ОТО) в Российской Федерации отсутствуют. Выполнение оценок косвенных выбросов CO₂ и N₂O в пределах национальной территории при подготовке кадастра не производилось, поскольку оно связано со значительными трудностями при сборе исходных данных и может выполняться странами на добровольной основе.

В соответствии со своими обязательствами по статье 7 Киотского протокола, Российская Федерация включает в национальный кадастр дополнительную информацию, необходимую для целей обеспечения соблюдения Протокола. Данная информация содержится в разделе 9 кадастра. Учитывая тот факт, что Российская Федерация не ратифицировала Дохийскую поправку к Киотскому протоколу и не имела количественных обязательств по второму периоду действия Киотского протокола, дополнительная информация представляется в добровольном порядке.

1.8 Метрики

Для пересчета выбросов парниковых газов в эквивалент диоксида углерода (CO₂-экв.) в настоящем кадастре используются 100-летние потенциалы глобального потепления, приведенные в Пятом докладе об оценках МГЭИК.

1.9 Резюме по применявшейся гибкости

Российская Федерация, как государство с переходной экономикой, не использует в своем кадастре функции гибкости, предусмотренные Условиями, процедурами и руководящими принципами для расширенных рамок для обеспечения транспарентности, упомянутые в статье 13 Парижского соглашения в отношении развивающихся стран.

2. ТРЕНДЫ ВЫБРОСОВ И АБСОРБЦИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

В настоящий раздел включена информация об общей динамике антропогенных выбросов и абсорбции (поглощения) шести основных не регулируемых Монреальским протоколом парниковых газов. Подробное описание использованных методов, данных и параметров расчетных оценок выбросов, применительно к конкретным категориям источников и поглотителей парниковых газов, приведено в разделах 3-7 настоящего доклада.

2.1 Тренды агрегированных выбросов и абсорбции парниковых газов

Данные о совокупных антропогенных выбросах всех ПГ, не регулируемых Монреальским протоколом (в CO_2 -экв.), представлены на рисунке 2.1 и в таблице 2.1. По сравнению с 1990 годом – базовым годом РКИК ООН и Киотского протокола, совокупные выбросы значительно снизились (на 62,5% с учетом сектора ЗИЗЛХ, и на 33,8% – без его учета).

Основными драйверами изменения выбросов в России являются общие тенденции развития экономики (интегральным показателем которых является изменение ВВП), сдвиги в структуре ВВП, изменение энергоэффективности, а также общей эффективности экономики России, изменение структуры топливного баланса. Определенный вклад в динамику выбросов вносят общий тренд температуры воздуха на территории России и ее межгодовые колебания; эти факторы оказывают свое влияние опосредованно, через изменения потребления ископаемых видов топлива, воздействующие на величину выбросов в секторе «Энергетика».

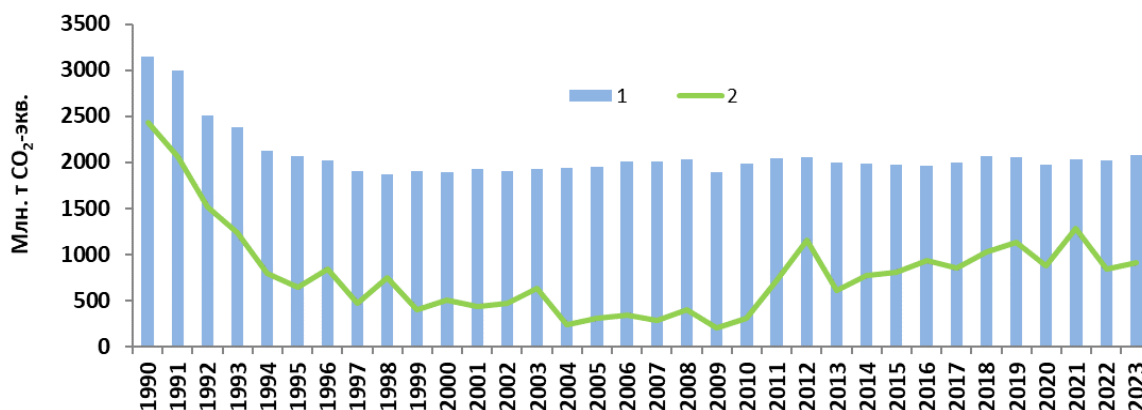


Рисунок 2.1 – Совокупные антропогенные выбросы парниковых газов в Российской Федерации, без учета (1) и с учетом (2) сектора ЗИЗЛХ

На протяжении 1990-1998 гг. в Российской Федерации происходил значительный спад выбросов, обусловленный общей отрицательной динамикой экономической ситуации в стране, сдвигами в структуре экономики и структуре топливного баланса. Минимальное значение выброса без учета сектора ЗИЗЛХ отмечено в 1998 г. В 1999-2008 гг., в период экономического подъема, происходившего как в сфере производства, так и в сфере потребления, выбросы, наоборот, демонстрировали устойчивый рост, однако скорость увеличения выбросов была значительно ниже скорости их уменьшения в предшествующие годы. Так, с 1990 г. по 1998 г. величина совокупного выброса (без учета сектора ЗИЗЛХ) уменьшилась на 1 279,7 млн. т CO_2 -экв., а с 2000 г. по 2008 г. она возросла лишь на 141,3 млн. т CO_2 -экв.

Таблица 2.1

Тенденции выбросов парниковых газов в Российской Федерации по парниковым газам (млн. т. CO₂-экв.)

| Сектор | Год | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| CO ₂ без учета ЗИЗЛХ | 2536,3 | 1618,3 | 1480,6 | 1564,0 | 1633,1 | 1637,3 | 1635,2 | 1629,3 | 1661,0 | 1709,9 | 1704,5 | 1631,9 | 1674,5 | 1675,5 | 1733,1 |
| CO ₂ с учетом ЗИЗЛХ | 1798,0 | 176,4 | 70,8 | -108,9 | -67,1 | 403,4 | 450,7 | 570,8 | 491,0 | 641,6 | 751,7 | 507,3 | 874,8 | 475,5 | 540,0 |
| CH ₄ без учета ЗИЗЛХ | 457,7 | 362,0 | 327,9 | 315,4 | 288,7 | 263,2 | 253,9 | 249,8 | 251,6 | 258,6 | 255,6 | 249,2 | 258,4 | 248,8 | 245,8 |
| CH ₄ с учетом ЗИЗЛХ | 469,2 | 371,7 | 339,8 | 332,9 | 303,1 | 280,3 | 268,4 | 270,7 | 265,8 | 279,0 | 276,4 | 265,8 | 289,3 | 259,2 | 257,1 |
| N ₂ O без учета ЗИЗЛХ | 108,4 | 62,3 | 50,2 | 48,3 | 49,6 | 53,0 | 54,4 | 57,0 | 57,7 | 57,3 | 59,5 | 61,6 | 62,8 | 65,3 | 65,8 |
| N ₂ O с учетом ЗИЗЛХ | 114,9 | 73,0 | 62,0 | 63,8 | 58,2 | 64,4 | 66,3 | 70,1 | 67,5 | 70,4 | 72,7 | 72,4 | 81,5 | 73,5 | 75,8 |
| ГФУ | 30,1 | 12,9 | 22,3 | 16,8 | 11,8 | 22,3 | 20,4 | 21,6 | 25,6 | 32,7 | 27,9 | 30,7 | 30,9 | 33,1 | 35,6 |
| ПФУ | 13,6 | 12,1 | 8,9 | 5,7 | 3,3 | 2,7 | 3,2 | 3,3 | 2,4 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,4 |
| SF ₆ | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 1,6 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,2 |
| NF ₃ | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Всего, без учета ЗИЗЛХ | 3147,5 | 2068,3 | 1890,8 | 1951,7 | 1987,6 | 1979,6 | 1968,1 | 1961,9 | 1999,5 | 2061,2 | 2050,1 | 1976,0 | 2029,3 | 2025,1 | 2082,9 |
| Всего, с учетом ЗИЗЛХ | 2427,2 | 646,9 | 504,8 | 311,9 | 310,4 | 774,2 | 809,9 | 937,4 | 853,4 | 1026,3 | 1131,3 | 878,8 | 1279,3 | 843,7 | 911,1 |
| Всего, без учета ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов | 3147,5 | 2068,3 | 1890,8 | 1951,7 | 1987,6 | 1979,6 | 1968,1 | 1961,9 | 1999,5 | 2061,2 | 2050,1 | 1976,0 | 2029,3 | 2025,1 | 2082,9 |
| Всего, с учетом ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов | 2427,2 | 646,9 | 504,8 | 311,9 | 310,4 | 774,2 | 809,9 | 937,4 | 853,4 | 1026,3 | 1131,3 | 878,8 | 1279,3 | 843,7 | 911,1 |

Таблица 2.2

Тенденции выбросов парниковых газов в Российской Федерации по секторам (млн. т. CO₂-экв.)

| Сектор | Год | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Энергетика | 2584,8 | 1685,7 | 1536,4 | 1589,2 | 1624,9 | 1581,9 | 1570,4 | 1562,5 | 1590,1 | 1640,5 | 1632,2 | 1547,7 | 1592,4 | 1596,6 | 1649,5 |
| Промышленные процессы и использование продукции | 274,8 | 178,3 | 191,6 | 206,0 | 197,7 | 221,2 | 219,0 | 217,2 | 225,8 | 236,7 | 232,1 | 239,3 | 247,3 | 238,7 | 244,3 |
| Сельское хозяйство | 231,8 | 148,8 | 103,1 | 89,6 | 89,1 | 92,3 | 93,2 | 95,8 | 96,5 | 96,3 | 97,8 | 100,5 | 101,2 | 101,7 | 101,2 |
| ЗИЗЛХ | -720,3 | -1421,4 | -1386,0 | -1639,8 | -1677,3 | -1205,4 | -1158,2 | -1024,4 | -1146,1 | -1034,9 | -918,7 | -1097,2 | -750,0 | -1181,3 | -1171,8 |
| Отходы | 56,2 | 55,4 | 59,6 | 66,9 | 75,9 | 84,3 | 85,5 | 86,4 | 87,2 | 87,9 | 88,0 | 88,5 | 88,3 | 88,0 | 87,9 |
| Всего, без учета ЗИЗЛХ | 3147,5 | 2068,3 | 1890,8 | 1951,7 | 1987,6 | 1979,6 | 1968,1 | 1961,9 | 1999,5 | 2061,2 | 2050,1 | 1976,0 | 2029,3 | 2025,1 | 2082,9 |
| Всего, с учетом ЗИЗЛХ | 2427,2 | 646,9 | 504,8 | 311,9 | 310,4 | 774,2 | 809,9 | 937,4 | 853,4 | 1026,3 | 1131,3 | 878,8 | 1279,3 | 843,7 | 911,1 |

В 2009 году в стране произошло снижение выбросов, вызванное затронувшим Россию мировым экономическим кризисом. В 2010-2012 гг., в период посткризисного восстановления экономики, выбросы вновь возросли. За период 2013-2016 гг. совокупный выброс парниковых газов несколько уменьшился (на 94,9 млн. т CO₂-экв., без учета сектора ЗИЗЛХ). В 2017-2018 гг. совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ имел тенденцию к росту, увеличившись на 5,1% относительно 2016 г. В 2019 г. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ сократился по отношению к 2018 году на 0,5% на фоне межгодового увеличения ВВП на 2,2%, причем большая часть этого сокращения была связана с уменьшением выбросов в секторе «Энергетика».

В 2020 г., под влиянием пандемии COVID-19 и принимавшихся для ограничения ее воздействия мер, совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ сократился на 3,6%. В 2021 г. он возрос на 2,7% на фоне увеличения ВВП на 5,9%. В 2022 г. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ сократился по отношению к 2021 году на 0,2% при сокращении ВВП на 1,4%. В 2023 г. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ вырос на 2,9% по отношению к 2022 году при увеличении ВВП на 4,1%.

2.2 Тренды выбросов и абсорбции парниковых газов по секторам

В таблице 2.2 представлены данные о выбросах и абсорбции ПГ с разбивкой по секторам кадастра¹², а в таблице 2.3 – приращения выбросов ПГ по секторам.

Таблица 2.3

Приращения выбросов парниковых газов в Российской Федерации, %

| Год | Сектор | | | | | Всего, без учета ЗИЗЛХ | Всего, с учетом ЗИЗЛХ |
|---|------------|---|--------------------|---------------------|--------|------------------------|-----------------------|
| | Энергетика | Промышленные процессы и использование продукции | Сельское хозяйство | ЗИЗЛХ ¹⁾ | Отходы | | |
| Последний год по отношению к предпоследнему | 3,3 | 2,3 | -0,5 | -0,8 | -0,1 | 2,9 | 8,0 |
| Последний год по отношению к базовому (1990 г.) | -36,2 | -11,1 | -56,3 | 62,7 | 56,4 | -33,8 | -62,5 |

¹⁾ Приращение нетто-абсорбции парниковых газов

Распределение выбросов по секторам в охватываемом кадастром периоде времени не претерпело значительных изменений (табл. 2.4).

В структуре выбросов доминирует энергетический сектор, доля которого в совокупном выбросе без учета ЗИЗЛХ составляла в 2023 г. 79,2%. Уменьшился до 4,9% вклад в совокупный выброс сектора «Сельское хозяйство» и несколько возрос, по сравнению с 1990 г., вклад промышленного сектора, составивший в 2023 г. 11,7%. Сектор «Отходы» по-прежнему занимает последнее место по вкладу в совокупный выброс (4,2%) несмотря на значительный рост величины выбросов между 1990 и 2023 гг. Наблюдавшиеся в секторах тенденции (динамика) выбросов определялись, в основном, изменениями объемов приводящей к выбросам экономической деятельности, изменениями использовавшихся технологий и оборудования.

¹²Термины, «энергетический сектор», «энергетика» употребляются в данном разделе в том смысле, какой они имеют в РКИК ООН, Киотском протоколе (Приложение А) и методических руководствах МГЭИК: к энергетическому сектору относятся выбросы от сжигания всех видов ископаемого топлива, а также утечки и технологические выбросы топливных продуктов в атмосферу, независимо от того в каких отраслях экономики они происходят.

Таблица 2.4

Распределение выбросов парниковых газов по секторам, %

| Год | Сектор | | | | Всего, без учета ЗИЗЛХ |
|--|------------|--|-----------------------|--------|------------------------------|
| | Энергетика | Промышлен- ные про- цессы и использова- ние продук- ции | Сельское хозяйство | Отходы | |
| Базовый год (1990 г.) | 82,1 | 8,7 | 7,4 | 1,8 | 100,0 |
| Последний год, представленный в кадастре | 79,2 | 11,7 | 4,9 | 4,2 | 100,0 |

На протяжении всего периода 1990-2023 гг. в секторе ЗИЗЛХ абсорбция ПГ преобладала над выбросами (табл. 2.2). Доминирующим в данном секторе ПГ является CO₂. Общая динамика сектора ЗИЗЛХ в период 1990-2023 гг. определялась следующими основными факторами:

- увеличением поглощения на территории управляемых лесов вследствие сокращения объема лесозаготовки и увеличения площади управляемых лесов;
- аккумуляцией почвенного органического углерода на землях, переведенных из пахотных в кормовые угодья, в связи с ростом их площадей.

В 1990 г. величина антропогенного нетто-поглощения ПГ из атмосферы в этом секторе составляла 720,3 млн. т CO₂-экв. В 2023 г. сектор обеспечивал нетто-поглощение ПГ из атмосферы в размере 1171,8 млн. т CO₂-экв., компенсируя тем самым 56,3% общего выброса ПГ в других секторах.

3. Энергетика (СЕКТОР 1 ОТО)

3.1 Обзор сектора и общая информация

Согласно пересмотренным Руководящим принципам РКИК ООН¹³, в секторе «Энергетика» представляются данные о выбросах ПГ CO₂, CH₄, N₂O и предшественников озона NO_x, CO, неметановых летучих органических соединений (НМЛОС или NMVOC) и SO₂ от сжигания топлив (1.A), их утечек и испарения (1.B) и транспорта и хранения CO₂ (1.C). Выбросы обусловлены добычей, первичной переработкой, транспортировкой и использованием природного топлива (нефть, природный и нефтяной (попутный) газы, уголь, торф и др.) и продуктов его переработки.

В последнем отчетном году выбросы ПГ в секторе Энергетика в эквиваленте CO₂ составили 1,650 млрд т (1649503,24 Гг CO₂-экв.), что на 36,2% ниже уровня 1990 г. В их составе преобладал CO₂ – на него в 2023 г. приходилось 93,0% всех выбросов по сектору. Вклады CH₄ и N₂O составили 6,7% и 0,3% соответственно (табл. 3.1 и 3.2). Выбросы предшественников озона NO_x и CO сократились соответственно на 44,1% и 57,1% от уровня 1990 г., а НМЛОС и SO₂ – на соответственно 28,5% и 7,0% относительно величин 1990 г. (рис. 3.1).

Таблица 3.1

Выбросы парниковых газов от основных категорий источников сектора «Энергетика» (Тг CO₂-экв.)

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.A Сжигание топлива (1.AA Подход по секторам) | | | | | | | | | | | | | | |
| 2294,2 | 1459,8 | 1309,0 | 1353,7 | 1416,5 | 1416,3 | 1420,8 | 1414,6 | 1435,4 | 1472,0 | 1453,4 | 1379,8 | 1414,6 | 1424,6 | 1476,5 |
| 1.B Утечки и испарение топлив | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.B.1 Твердые топлива | | | | | | | | | | | | | | |
| 98,0 | 65,5 | 56,4 | 54,1 | 48,8 | 45,9 | 44,7 | 43,8 | 45,7 | 48,1 | 47,3 | 43,9 | 47,1 | 44,5 | 43,0 |
| 1.B.2 Нефть и газ | | | | | | | | | | | | | | |
| 192,6 | 160,4 | 171,0 | 181,4 | 159,6 | 119,6 | 104,9 | 104,2 | 109,0 | 120,4 | 131,4 | 123,9 | 130,8 | 127,5 | 130,1 |
| 1.C Транспорт и хранение диоксида углерода | | | | | | | | | | | | | | |
| NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| Всего | | | | | | | | | | | | | | |
| 2584,8 | 1685,7 | 1536,4 | 1589,2 | 1624,9 | 1581,9 | 1570,4 | 1562,5 | 1590,1 | 1640,5 | 1632,2 | 1547,7 | 1592,4 | 1596,6 | 1649,5 |
| Использование топлив в международных морских и авиационных перевозках ⁽¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 17,5 | 17,3 | 18,7 | 25,1 | 27,4 | 62,7 | 54,4 | 42,3 | 45,4 | 47,4 | 45,2 | 29,3 | 28,4 | 23,3 | 28,8 |

⁽¹⁾ Данные об эмиссии от использования топлив при международных морских и авиационных перевозках не включаются в совокупные выбросы парниковых газов от энергетического сектора.

Таблица 3.2

Выбросы парниковых газов в секторе «Энергетика» (Тг CO₂-экв.)

| Газ | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CO ₂ | 2301,2 | 1466,8 | 1323,9 | 1386,0 | 1456,6 | 1447,3 | 1446,4 | 1443,8 | 1470,5 | 1514,6 | 1509,2 | 1432,3 | 1467,5 | 1479,4 | 1534,1 |
| CH ₄ | 271,2 | 211,5 | 206,4 | 196,8 | 163,2 | 129,3 | 118,8 | 113,7 | 114,6 | 120,8 | 117,8 | 110,4 | 119,9 | 111,9 | 109,8 |
| N ₂ O | 12,3 | 7,4 | 6,1 | 6,3 | 5,1 | 5,2 | 5,2 | 5,0 | 5,0 | 5,1 | 5,1 | 5,0 | 5,1 | 5,3 | 5,7 |
| Всего | 2584,8 | 1685,7 | 1536,4 | 1589,2 | 1624,9 | 1581,9 | 1570,4 | 1562,5 | 1590,1 | 1640,5 | 1632,2 | 1547,7 | 1592,4 | 1596,6 | 1649,5 |

¹³ Пересмотр руководящих принципов РКИК ООН для представления информации о годовых кадастрах Сторон, включенных в приложение I к Конвенции. Решение 24/CP.19. // Доклад Конференции Сторон о работе ее девятнадцатой сессии, состоявшейся в Варшаве с 11 по 23 ноября 2013 года. FCCC/CP/2013/10/Add.3, С. 2 – 25. (<http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/rus/10a03r.pdf>)

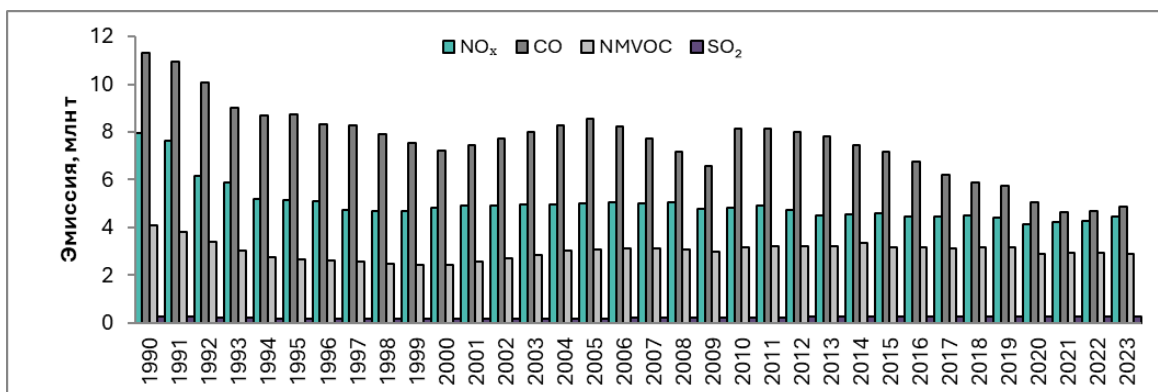


Рисунок 3.1 – Выбросы газов с косвенным парниковым эффектом в секторе «Энергетика»

3.2 Сжигание топлива (ОТО 1.А)

3.2.1 Обзор подраздела

Расчеты выбросов CO₂ от сжигания топлива проведены для всего временного ряда с 1990 по 2023 год с использованием базового (по основным видам топлива) и секторного (по основным категориям источников) подходов. Расчет выбросов от сжигания топлива для всего временного ряда проводится с применением Руководящих подходов МГЭИК (IPCC, 2006). Эмиссия других, кроме CO₂, газов при сжигании топлива также рассчитана по категориям источников для всего временного ряда с 1990 г.

Выбросы от некоторых подкатегорий источников рассчитаны в соответствии с методом уровня 2 методологии МГЭИК (IPCC, 2006) с использованием национальных коэффициентов эмиссии, методология расчета и используемые коэффициенты указаны в соответствующих подразделах для каждой подкатегории источников. В кадастре этого года внедрены национальные коэффициенты выбросов CO₂ от сжигания жидких топлив, полученные в рамках проекта ВИП ГЗ¹⁴ в результате исследования компонентного состава выбранных видов жидких топлив¹⁵. Подробная информация о методах и результатах исследования и внедрения национальных коэффициентов приведено в НДК 2024 (НДК, 2024, том 2, Приложение 4.4.).

В Кадастре этого года впервые коэффициенты выбросов CO₂ при сжигании каменных и бурых углей рассчитаны по средневзвешенному содержанию углерода в углях различных марок и бассейнов с выделением доли углей, потребляемых в отдельно взятой компании, по которой была получена детальная информация о марочной структуре углей, сжигаемых для производства энергии. Оставшаяся часть углей учитывалась по среднему национальному коэффициенту содержания углерода, применяемому в предыдущих Кадастрах. Это позволило более детально учесть специфику физических и химических свойств потребляемых углей. Более подробная методика расчета приведена в разделе 3.2.5.1 настоящего отчета.

¹⁴ Важнейший инновационный проект государственного значения, Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2022 г. №3240-р «Об утверждении инновационного проекта «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»

¹⁵ Работа проведена в рамках договора на выполнение научно-исследовательской работы по теме «Проведение исследования компонентного состава приоритетных видов жидкого топлива» специалистами ООО «Центр мониторинга новых технологий» (независимая исследовательская компания, специализирующаяся на разработке новых продуктов и технологий, инжиниринге, экспериментальных и информационно-аналитических исследованиях и консалтинге в нефтегазовом секторе, нефтехимии и энергетике.). Экспериментальное исследование образцов жидкого топлива выполнялось совместно с Институтом нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН (ИНХС РАН).

Суммарные выбросы ПГ при сжигании топлива в 2023 году составляли 1476479,28 Гг CO_2 -экв., что на 35,6% меньше, чем в 1990 году и на 3,6% больше, чем в предыдущем году. На долю сжигания топлива в 1990 г. в России приходилось 88,8% общих выбросов в секторе «Энергетика». В 2023 г. эта доля составила 89,5%. В 2023 году 58,3% выбросов от подсектора определяло сжигание топлива в энергетической промышленности. Сжигание топлива на транспорте вносило 16,6% суммарных выбросов ПГ от подсектора, сжигание топлива в промышленности – 10,4%, а в других отраслях экономики – 14,7%.

В России широко используются все основные ископаемые топлива – уголь, нефть и природный газ, а также продукты их переработки. Значительные количества нефти, нефтепродуктов и газа экспортируются. В относительно небольших количествах в качестве топлива используется торф, использование горючих сланцев с 2012 года прекращено.

Основными категориями источников ПГ при сжигании топлив являются производство тепло- и электроэнергетики, промышленное производство, сельское хозяйство, транспорт, конечное потребление населением.

В суммарное значение выбросов от сжигания топлива, в соответствии с требованиями РКИК ООН и МГЭИК, не включались выбросы от топлив, использованных при международных морских и авиационных перевозках (бункерное топливо) и выбросы углекислого газа от использования топлива из биомассы (в России к такому топливу относится, в основном, древесное топливо).¹⁶

Оценки выбросов от производства чугуна и стали производились в секторе «Промышленные процессы», поэтому и выбросы от использования кокса в черной металлургии отнесены к данному сектору (кокс является одновременно топливом и сырьем в металлургическом производстве). Для того чтобы избежать двойного учета соответствующее этим выбросам количество кокса вычиталось из расчетов выбросов от сжигания топлива в подкатегории 1.A.2a – Черная металлургия.

Выбросы CO_2 , относящиеся к использованию доменного газа, учтены в секторе 2.C.1 – Промышленные процессы – Черная металлургия. Поэтому, в соответствии с рекомендацией группы экспертов МГЭИК по рассмотрению кадастра, для исключения двойного учета, доменный газ включен в расчеты в секторе 1.A. – Сжигание топлива только для оценки выбросов CH_4 и N_2O .

Природный газ, используемый для производства железа прямого восстановления, исключен из расчетов в секторе Энергетика подкатегории 1.A.2a – Черная металлургия, т.к. выбросы от его использования уже учитываются в секторе «Промышленные процессы». Соответствующее количество природного газа также исключено и из расчетов по базовому подходу и отнесено к неэнергетическому использованию. Из расчетов в секторе Энергетика исключен так же природный газ, используемый в доменном производстве, при производстве стали и агломерата; и уголь, используемый в пылеугольном производстве при производстве кокса, что позволило избежать двойного счета между категориями 1A1a – Черная металлургия в секторе Энергетика и категорией 2C – Металлургия в секторе Промышленное производство и использование продукции. Начиная с кадастра этого года из сектора Энергетика так же исключается потребление мазута в Черной металлургии, выбросы от которого за весь временной ряд учитываются в секторе Промышленные процессы и использование продукции (ППИП). Детальные пояснения к расчетам объемов кокса, природного газа и угля, используемых в неэнергетических целях в металлургии, приведены в подразделе 4.4 раздела 4.

Объемы твердых коммунальных отходов, рассчитанные в секторе Отходы и сжигаемые с получением энергии, приведены только в информационных целях в таблице A(a)s4 ОТО. Так как твердые коммунальные отходы (ТКО) в данном случае являются топливом, используемым для получения энергии, то они включены в статистическую отчетность энерго-производящих предприятий и, соответственно, учтены в топливно-энергетическом балансе (ТЭБ). Подробное описание методики расчета приведено в разделе Отходы.

¹⁶ Оценки выбросов от топлива, используемого при международных авиационных и морских перевозках (бункерное топливо), и выбросы CO_2 от сжигания биомассы приводятся отдельно от национальных выбросов парниковых газов и включаются в кадастр в виде справочной информации.

Расчет объемов авиационного топлива, затраченного на внутреннюю гражданскую авиацию, проведен с использованием подходов, аналогичных подходам к расчетам международного авиационного бункерного топлива. Детальные пояснения к расчетам объемов авиационного керосина, используемого для международных перевозок, приведены в подразделе 3.2.5 данного раздела.

3.2.2 Международное бункерное топливо

3.2.2.1 Обзор подраздела

Выбросы, связанные с использованием топлива для международных авиационных и морских перевозок (международный бункер), не включались в суммарные национальные выбросы. Данные по количеству и типу топлива, поставляемого в виде международного морского и авиационного бункера, и соответствующие эмиссии даются для информационных целей. В подразделе «Международное бункерное топливо» приведены оценки выбросов ПГ - CO₂, CH₄, N₂O и предшественников озона NO_x, CO и ЛНОС или NMVOC, образующихся при использовании топлива для авиации и морского транспорта в международном сообщении с 1990 по 2023 гг. включительно.

Динамика выбросов ПГ приведена на рисунке 3.2. В целом за период с 1990 по 2007 гг. наблюдался рост эмиссии ПГ от международного бункерного топлива. В 2008-2009 гг. произошло сокращение выбросов, вследствие экономического кризиса. Однако в 2010-2014 гг. рост выбросов возобновился (рис. 3.2). В 2015, 2016 гг. выбросы ПГ от использования бункерного топлива, как в авиации, так и в морском транспорте уменьшились, что обусловлено внешнеполитическими и внутриэкономическими факторами, о которых говорится в соответствующих подразделах. В 2020 году выбросы ПГ сократились на 35,3% по сравнению с уровнем 2019 года, что связано с уменьшением потребления бункерного топлива вследствие пандемии коронавируса. В 2023 г. общий выброс CO₂, CH₄ и N₂O увеличился на 23,6% относительно 2022 г. в связи с ростом международных морских и авиационных перевозок и составил 28,8 млн. т (28 842,4 Гг) CO₂-экв. В компонентном составе выбросов преобладает CO₂, на долю которого в 2023 году приходилось 99,5 % общего выброса. Выбросы CH₄ и N₂O составили 0,1 % и 0,4 % соответственно.

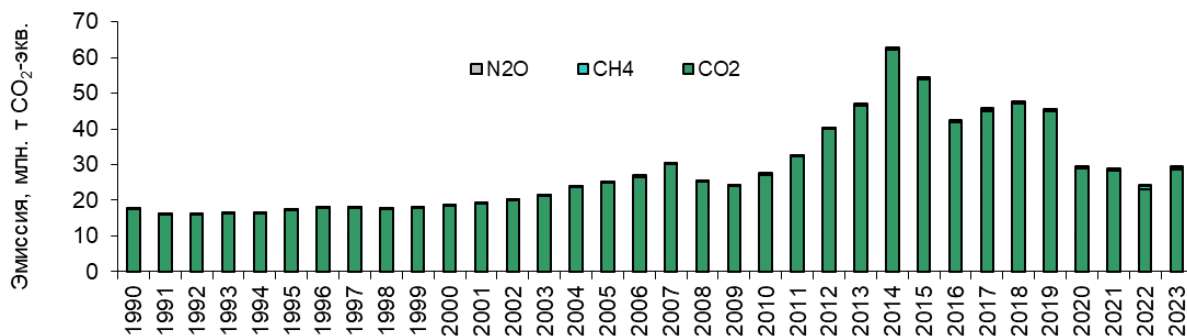


Рисунок 3.2 – Динамика выбросов парниковых газов от международного бункерного топлива

Распределение профиля выбросов ПГ при использовании топлива в международных авиационных и морских перевозках приведено на рисунке 3.3. Основные выбросы ПГ при использовании международного бункерного топлива связаны с морским транспортом. В 2023 году выбросы от морского транспорта составили около 80% общей эквивалентной эмиссии ПГ от международного бункерного топлива (рис. 3.3).

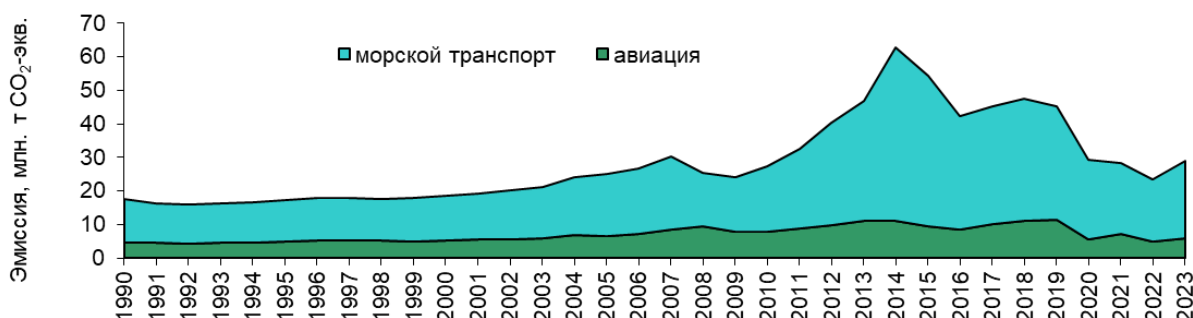


Рисунок 3.3 – Общий эквивалентный выброс парниковых газов при использовании международного бункерного топлива

3.2.2.2 Авиационное бункерное топливо (1.D.1.a)

Методологические вопросы

Расчет выбросов ПГ производился на основе информации об общей массе авиационного топлива, использованного российскими и иностранными авиаперевозчиками при грузовых и пассажирских авиаперевозках, выполненных с территории РФ за рубеж. Величина общей массы использованного топлива была получена расчетным путем по данным о налете Росавиации по формуле 3.1 (Грабар и др., 2009; Грабар и др., 2011):

$$FC(t) = \sum_x FT_x(t) \cdot FR_x, \quad (3.1)$$

где: $FC(t)$ – масса топлива, потребленного при выполнении авиационных перевозок в году t , т;

$FT_x(t)$ – годовой налет по отдельным типам пассажирских и грузовых воздушных судов x за год t , самолето-часов;

FR_x – средний часовой расход топлива для каждого типа (x) воздушных судов, $т \cdot ч^{-1}$.

Сведения о ежегодном налете пассажирских и грузовых воздушных судов российских и иностранных перевозчиков с территории России за рубеж с 2000 по 2023 гг. были предоставлены Росавиацией в рамках информационного обеспечения российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ. Данные по среднему часовому расходу топлива были предоставлены ФГУП Государственный научно-исследовательский институт Гражданской Авиации. Средний часовой расход топлива включает фазы взлета/посадки и крейсерского полета.

Потребление топлива с 1990 по 1999 гг. определяли экстраполяцией на основе данных о пассажирообороте в международном сообщении (рис. 3.4) с 1990 по 2004 гг. и потреблении топлива за 2000-2004 гг., когда структура парка воздушных судов оставалась относительно постоянной. Суммарный налет в международном сообщении представлен на рисунке 3.5. С 2000 по 2014 гг. налет самолето-часов в международном сообщении увеличивался. Несмотря на рост авиаперевозок, обновление парка самолетов способствовало снижению топливопотребления в расчете на единицу авиатранспортной работы. В 2015, 2016 гг. налет в международном сообщении уменьшился, что связано с девальвацией рубля, удорожанием билетов и переориентацией населения на внутренний туризм, а также с геополитической конъюнктурой – запретом перелетов на популярные направления (Турция, Египет). В 2020 г. налет в международном сообщении сократился на 62,1% по сравнению с 2019 г. в связи с ограничением авиаперевозок на фоне распространения коронавируса. В 2021 г. международные авиаперевозки начали восстанавливаться, что привело к увеличению налета в международном сообщении в 1,4 раза по сравнению с 2020 годом. В 2022 году налет уменьшился на 14% относительно 2021 года в связи с закрытием воздушного пространства ЕС, Великобритании и США

для российских авиаперевозчиков. В 2023 г. налёт в международном сообщении увеличился на 22,3% относительно 2022 года в связи с ростом международных авиаперевозок.

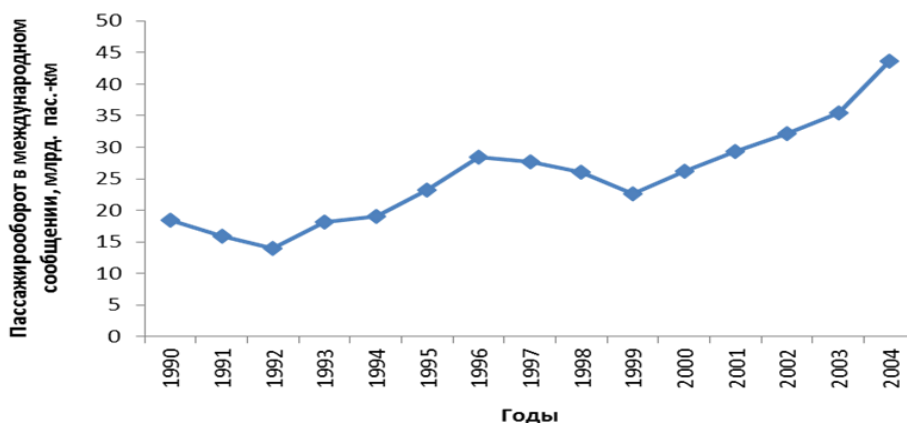


Рисунок 3.4 – Пассажирооборот в международном сообщении

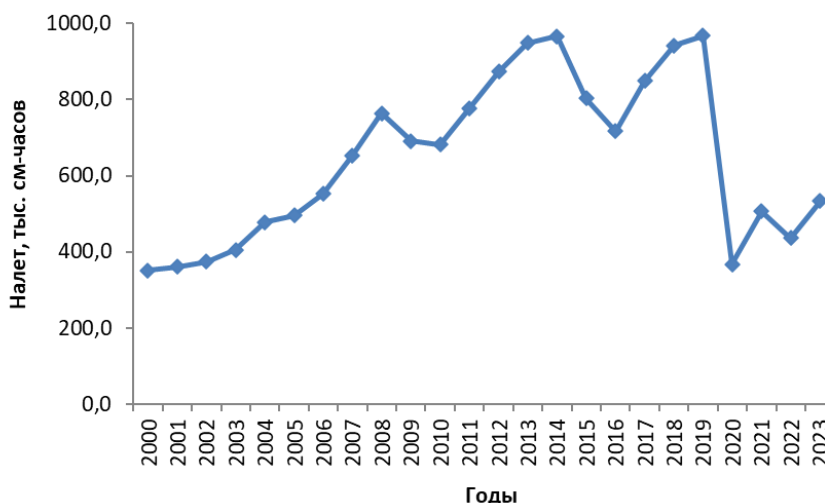


Рисунок 3.5 – Суммарный налёт в международном сообщении

Расчет выбросов ПГ от топлива, использованного российскими и международными авиакомпаниями для перелетов с территории РФ, выполняли по формуле 3.2 (МГЭИК, 2006):

$$E_{CO_2, CH_4, N_2O} = FC \cdot CF_{TCE} \cdot CF_{NCV} \cdot EF_{CO_2, CH_4, N_2O}, \quad (3.2)$$

где: E_{CO_2, CH_4, N_2O} – величина эмиссии CO_2 , CH_4 , N_2O , т;

FC – масса топлива, потребленного при выполнении авиационных перевозок, т;

CF_{TCE} – коэффициент пересчета в тонны условного топлива в угольном эквиваленте ($1,47 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$);

CF_{NCV} – коэффициент пересчета в теплотворную способность ($0,0293 \text{ ТДж} \cdot \text{т.у.т.}^{-1}$);

EF_{CO_2, CH_4, N_2O} – коэффициент эмиссии CO_2 , CH_4 , N_2O , $\text{т} \cdot \text{ТДж}^{-1}$.

Предполагалось, что все используемое авиакомпаниями топливо является авиационным керосином. Пересчет тонн авиационного керосина в тепловой эквивалент производился при помощи коэффициентов пересчета в тонны условного топлива ($1,47 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$) и теплотворную способность ($0,0293 \text{ ТДж} \cdot \text{т.у.т.}^{-1}$) (Постановление Госкомстата, 1999).

Коэффициенты эмиссии CO_2 , CH_4 и N_2O , использованные в расчетах, приведены в таблицах 3.3 и 3.4. Для расчета выбросов диоксида углерода были использованы национальные коэффициенты эмиссии, коэффициенты эмиссии CH_4 и N_2O взяты из руководства МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.3

Национальные коэффициенты эмиссии CO_2 , использованные в расчетах выбросов парниковых газов при авиационных перевозках, кг • ТДж⁻¹

| Годы | 1990-1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Авиационный керосин | 73118,53 | 73105,31 | 73104,01 | 73100,47 | 73100,58 | 73100,66 | 73093,13 | 73090,63 | 73094,17 | 73095,05 |
| Годы | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Авиационный керосин | 73094,97 | 73097,56 | 73095,52 | 73095,27 | 73098,34 | 73095,63 | 73081,32 | 73066,25 | 73063,96 | 73055,89 |
| Годы | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Авиационный керосин | 73050,55 | 73059,58 | 73070,42 | 73057,65 | 73060,63 | 73048,29 | 73069,99 | 73061,49 | - | - |

Таблица 3.4

Коэффициенты эмиссии CH_4 и N_2O , использованные в расчетах выбросов парниковых газов при авиационных перевозках (МГЭИК, 2006)

| Вид топлива | Коэффициент эмиссии CH_4 , т • ТДж ⁻¹ | Коэффициент эмиссии N_2O , т • ТДж ⁻¹ |
|---------------------|---|--|
| Авиационный керосин | 0,0005 | 0,002 |

Выбросы NO_x , CO и NMVOC рассчитывали по данным о потреблении топлива по методу уровня 1 и рекомендуемым МГЭИК величинам коэффициентов эмиссии: 250 кг • ТДж⁻¹ для NO_x , 100 кг • ТДж⁻¹ для CO и 50 кг • ТДж⁻¹ для NMVOC (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006).

Выбросы CO_2 , CH_4 и N_2O от использования авиационного бункерного топлива

Расчетные значения выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O от авиационного бункерного топлива представлены на рисунках 3.6 и 3.7 соответственно. Наименьшая величина эмиссии CO_2 наблюдалась в 1992 году, что объясняется сокращением объема международных перевозок, а наибольшая – в 2019 году. Динамика выбросов обусловлена межгодовой изменчивостью потребления топлива в международном авиационном сообщении. Снижение выбросов ПГ в 2015, 2016 гг. при международных авиационных перевозках обусловлено внешнеполитическими и внутриэкономическими факторами, которые привели к сокращению числа популярных международных маршрутов (в том числе в Турцию, Египет, Украину). Сокращение выбросов в 2020 г.

связано с приостановлением международного авиасообщения в связи с пандемией коронавируса. В 2021 г. наблюдалось восстановление международных авиаперевозок, что повлекло увеличение выбросов ПГ. В 2022 году в связи с закрытием воздушного пространства ЕС, Великобритании и США для российских авиаперевозчиков вследствие санкционных ограничений эмиссия CO_2 сократилась на 30% относительно 2021 года и составила 4,9 млн. т (рис. 3.6). Однако, начиная с 2023 г., наблюдался рост международных авиационных перевозок, что привело к увеличению выбросов диоксида углерода. Эмиссия CO_2 в 2023 г. составила 5,8 млн. т. Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд эмиссии CO_2 . Величины эмиссии CH_4 и N_2O в 2023 году составили 40 и 159 т соответственно (рис. 3.7).

Выбросы предшественников озона NO_x , CO , ЛНОС приведены в соответствующих таблицах ОТО для временного ряда с 1990 по 2023 гг. отдельно для международной авиационной и морской деятельности. Анализ показал, что эмиссия предшественников озона проявляет сходные тенденции, что и газы с прямым парниковым эффектом.

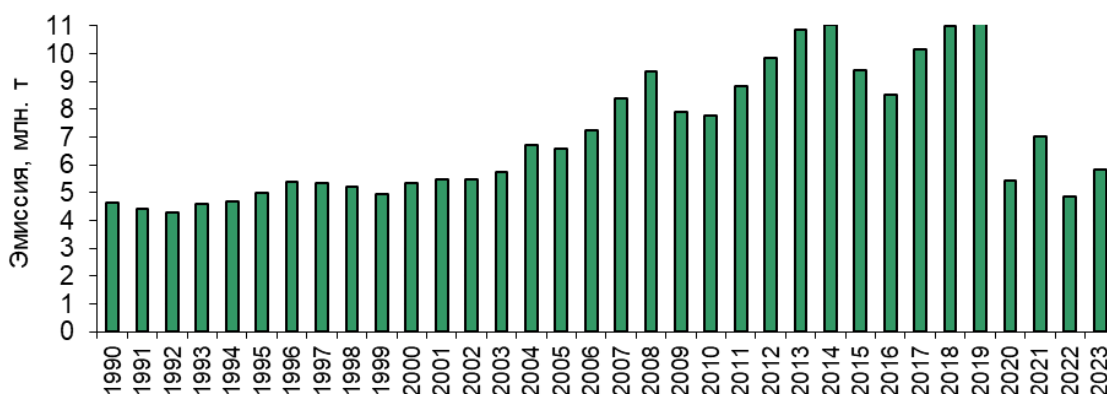


Рисунок 3.6 – Динамика выбросов диоксида углерода от авиационного бункерного топлива

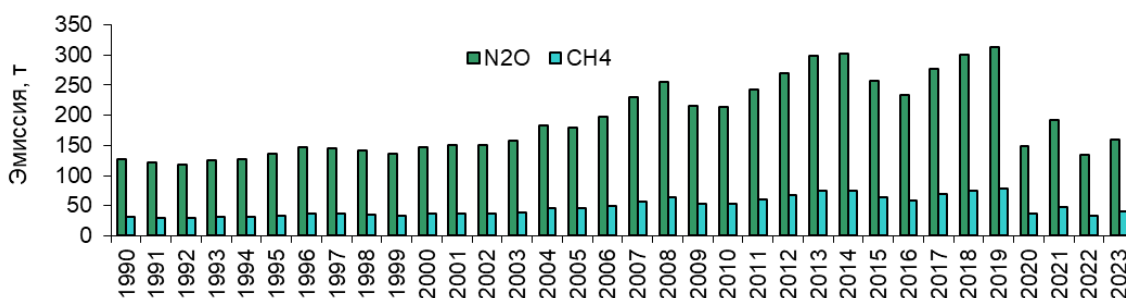


Рисунок 3.7 – Динамика выбросов CH_4 и N_2O от авиационного бункерного топлива

3.2.2.3 Морское бункерное топливо (1.D.1.b)

3.2.2.3 Морское бункерное топливо (1.D.1.b)

Методологические вопросы

Расчет выбросов ПГ от морского бункерного топлива выполнялся на основе данных Информационно-аналитического агентства «ПортНьюс» (ИАА «ПортНьюс»)¹⁷ о массе топлива,

¹⁷<http://portnews.ru/>

заправленного российскими и иностранными судами в портах РФ для осуществления международных морских и речных перевозок. В своих оценках ИАА «ПортНьюс» основывается на данных ФТС России, администраций морских портов, ФГУП «Росморпорт», российских судоводных и бункеровочных компаний. Данные ИАА «ПортНьюс» доступны за 2005-2023 гг. включительно. Данные за отсутствующие годы были найдены методом экстраполяции (МГЭИК, 2006). Расчет выбросов ПГ выполнялся по формуле 3.3 (Грабар и др., 2015):

$$E_{CO_2, CH_4, N_2O} = \sum (FC_m \cdot CF_{TCE} \cdot CF_{NCV} \cdot EF_{CO_2, CH_4, N_2O}), \quad (3.3)$$

где: E_{CO_2, CH_4, N_2O} – величина эмиссии CO_2 , CH_4 , N_2O , т;

FC_m – потребление топлива по видам m (мазут, дизельное топливо) при морских и речных перевозках, т;

CF_{TCE} – коэффициент пересчета в тонны условного топлива в угольном эквиваленте (для мазута $1,43 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$; для дизельного топлива $1,45 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$);

CF_{NCV} – коэффициент пересчета в теплотворную способность ($0,0293 \text{ ТДж} \cdot \text{т.у.т.}^{-1}$);

EF_{CO_2, CH_4, N_2O} – коэффициент эмиссии CO_2 , CH_4 , N_2O , $\text{т} \cdot \text{ТДж}^{-1}$.

Пересчет тонн топлива в тепловой эквивалент производился при помощи коэффициентов пересчета в тонны условного топлива для мазута и дизельного топлива, равных $1,43 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$ и $1,45 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$ соответственно и коэффициента пересчета в теплотворную способность, равного $0,0293 \text{ ТДж} \cdot \text{т.у.т.}^{-1}$ (Методологические положения, 1999). Используемые в расчетах коэффициенты эмиссии приведены в таблицах 3.5 и 3.6. Для расчета выбросов диоксида углерода были использованы национальные коэффициенты эмиссии, в том числе разработанные в рамках реализации проекта ВИП ГЗ и приведенные в Приложении 4.4. Тома 2 Национального доклада о кадастре 2024 г. (НДК, 2024), а также коэффициенты эмиссии CH_4 и N_2O взяты из руководства МГЭИК (МГЭИК, 2006). Выбросы NO_x , CO и $NMVOС$ рассчитывали по данным о потреблении топлива по методу уровня 1 и рекомендуемым МГЭИК коэффициентам эмиссии: $1500 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для NO_x , $1000 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для CO , $200 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для $NMVOС$ (МГЭИК, 2000).

Таблица 3.5

Национальные коэффициенты эмиссии CO_2 , использованные в расчетах выбросов парниковых газов при международных морских перевозках, $\text{кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$

| Годы | 1990-1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Мазут | 77693,31 | 77666,34 | 77664,42 | 77667,77 | 77675,96 | 77663,64 | 77670,38 | 77678,34 | 77693,84 | 77696,42 |
| Дизельное топливо | 74455,99 | 74447,61 | 74448,91 | 74462,11 | 74473,32 | 74442,46 | 74452,84 | 74466,13 | 74470,08 | 74460,58 |
| Годы | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Мазут | 77709,51 | 77724,11 | 77719,52 | 77714,49 | 77750,41 | 77743,98 | 77737,12 | 77701,48 | 77695,54 | 77696,16 |
| Дизельное топливо | 74431,05 | 74429,21 | 74427,25 | 74404,25 | 74373,53 | 74392,62 | 74369,22 | 74375,45 | 74358,36 | 74339,56 |
| Годы | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Мазут | 77693,46 | 77679,2 | 77571,63 | 77646,54 | 77660,35 | 77644,26 | 77809,7 | 77806,1 | - | - |
| Дизельное топливо | 74358,62 | 74342,89 | 74330,36 | 74326,63 | 74329,49 | 74316,54 | 74307,0 | 74322,3 | - | - |

Таблица 3.6

Коэффициенты эмиссии CH_4 и N_2O , использованные в расчетах выбросов парниковых газов при международных морских перевозках (МГЭИК, 2006)

| Вид топлива | Коэффициент эмиссии CH_4 , т • ТДж ⁻¹ | Коэффициент эмиссии N_2O , т • ТДж ⁻¹ |
|-------------------|--|---|
| Мазут | 0,007 | 0,002 |
| Дизельное топливо | | |

Эмиссии CO_2 , CH_4 и N_2O от использования морского бункерного топлива

Расчетные значения выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O от морского бункерного топлива представлены на рисунках 3.8 и 3.9 соответственно. С 1990 по 2007 гг. наблюдался рост эмиссии ПГ от морского бункерного топлива. В 2008 г. произошло сокращение выбросов вследствие экономического кризиса. Однако в 2009 – 2014 гг. рост выбросов возобновился. В 2020 г. выбросы ПГ сократились на 29% по сравнению с уровнем 2019 года, что связано с уменьшением объемов потребления бункерного топлива. Падение спроса на судовое топливо в российских портах в 2020 году вызвано глобальным переходом отрасли на использование малосернистого топлива в соответствии с требованиями Международной морской организации и с сокращением объемов мировой торговли из-за пандемии коронавируса. В 2021 г., несмотря на постепенное восстановление международной торговли, в России продолжилось сокращение потребления бункерного топлива, что связано с существенным повышением цен на судовое топливо в российских портах, а также с особенностями внутреннего нормативного регулирования отрасли, что привело к снижению количества судозаходов. В 2022 г. в связи с уходом западных морских линий из российских портов на фоне санкций выбросы CO_2 уменьшились на 14% по сравнению с уровнем 2021 г. (рис. 3.8). В 2023 г. потребление морского бункерного топлива начало увеличиваться, что объясняется завершением процесса перестройки логистики после шоковой ситуации 2022 года. Западные линии стали постепенно замещаться российскими операторами и перевозчиками из дружественных стран. Кроме того, курс рубля в течение года ослабевал, снизившись более чем на четверть по отношению к доллару, что благоприятно сказалось на конкурентоспособности российского топлива на мировом рынке. В 2023 г. выбросы CO_2 возросли на 25% по сравнению с 2022 г. и составили 22,8 млн. т. Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд эмиссии CO_2 . Величины эмиссии CH_4 и N_2O в 2023 году составили 2068 и 591 т соответственно (рис. 3.9).

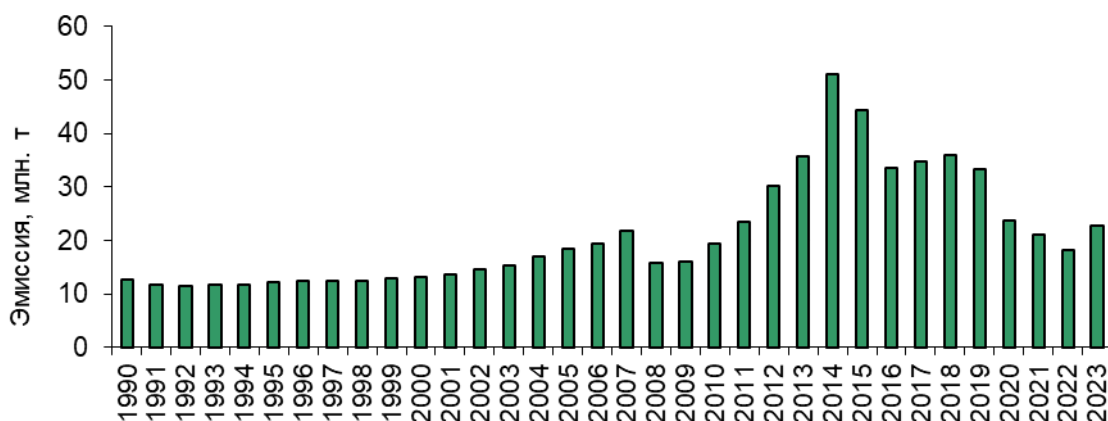


Рисунок 3.8 – Динамика выбросов диоксида углерода от морского бункерного топлива

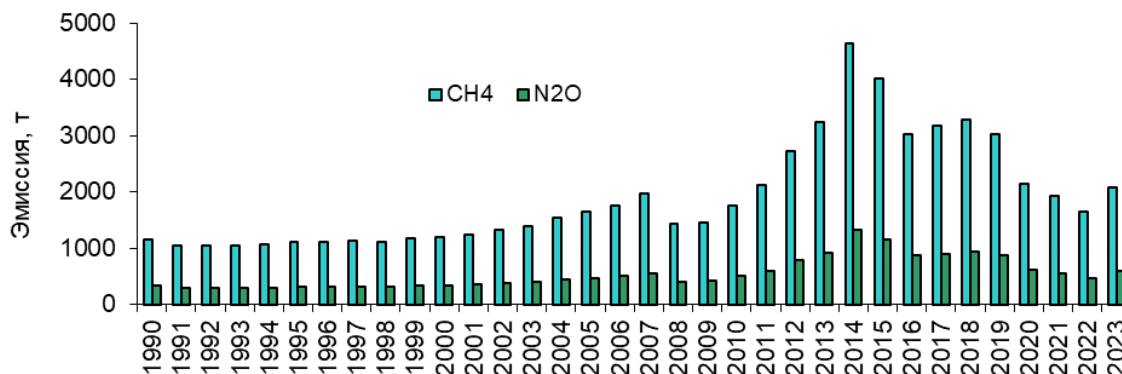


Рисунок 3.9 – Динамика выбросов метана и оксида диазота от морского бункерного топлива

Выбросы предшественников озона NO_x, CO, NMVOC приведены в соответствующих таблицах ОТО для всего временного ряда с 1990 по 2023 год отдельно для международной авиационной и морской деятельности. Анализ показал, что эмиссия предшественников озона проявляет сходные тенденции выбросов, что и газы с прямым парниковым эффектом.

3.2.2.4 Оценка неопределенности и согласованности временного ряда

Точность расчетов определяется точностью исходных данных и поправочных коэффициентов. Количественные характеристики воздушного движения собирались за каждые сутки отдельно для международной и внутренней авиации. Поэтому неопределенность данных о деятельности довольно низка и по экспертной оценке ФГБУ "ИГКЭ" составляет $\pm 7\%$. Неопределенность национальных коэффициентов выбросов CO₂ для авиационного керосина не превышает 0,16%. Как указывается в Руководящих указаниях МГЭИК по эффективной практике, неопределенность коэффициента выбросов CH₄ для уровня 1 может быть от -57% до $+100\%$. Неопределенность коэффициента выбросов N₂O может составлять от -76% до $+150\%$ (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006).

Оценки потребления морского бункерного топлива, предоставленные ИАА «ПортНьюс», основываются на данных ФТС России, администраций морских портов, ФГУП «Росморпорт», а также участников рынка бункеровки. Неопределенность данных о деятельности небольшая и составляет $\pm 7\%$. Неопределенности национальных коэффициентов эмиссии CO₂ для дизельного топлива и мазута не превышают 0,24% и 0,86% соответственно. Однако неопределенность коэффициентов выбросов иных газов гораздо выше. Неопределенность коэффициентов выбросов CH₄ может достигать $\pm 50\%$. Неопределенность коэффициента выбросов N₂O может составлять от -40% до $+140\%$ (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006).

Количественная оценка неопределенности была выполнена по уровню 1 при доверительном интервале 95% (МГЭИК, 2006). Были использованы вышеупомянутые неопределенности данных о деятельности и максимальные величины неопределенностей коэффициентов выбросов, рекомендуемые МГЭИК. Расчеты показали, что общая неопределенность оценки выбросов ПГ от использования международного бункерного топлива составила 5,8%. Неопределенность тенденций выбросов составила 13,5%.

3.2.2.5 Оценка и контроль качества

При выполнении процедур обеспечения и контроля качества были осуществлены формальный контроль и перекрестная проверка данных о деятельности и результатов расчетов. В процессе формальной проверки рассмотрены размерность данных о деятельности и параметров, на основе которых выполнялись расчеты эмиссии ПГ. Были перепроверены расчеты и проанализирована полнота и целостность данных о деятельности и другой параметрической информации. Проверки выполнялись лицами, непосредственно занятыми в подготовке кадастра.

Важным элементом контроля качества кадастра является внешняя проверка исходных данных и оценок выбросов специалистами профильных министерств и ведомств. В частности, специалисты Росстата и Минтранса осуществили независимую проверку исходных данных. Независимый расчет выбросов ПГ от авиационных перевозок был выполнен специалистами Росгидромета. В 2012 году сотрудниками Центрального института авиационного моторостроения им. Баранова были проанализированы расчеты выбросов ПГ от внутренних и международных авиационных перевозок. Было подтверждено, что использованные в кадастре данные об авиационной деятельности и коэффициенты эмиссии верны, а расчеты выполнены корректно. Согласно методологии МГЭИК, проверка расчетов выбросов ПГ от авиационных перевозок независимыми экспертами является процедурой контроля качества кадастра по уровню 2.

Альтернативные оценки выбросов ПГ водным транспортом РФ за некоторые годы выполнялись Научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом морского флота (ЗАО «ЦНИИМФ»)¹⁸ по заказу Минтранса России по методике ММО, основанной на совокупных объемах деятельности водного транспорта. Методика ММО не имеет принципиальных расхождений с методикой МГЭИК. Согласно оценкам ЗАО «ЦНИИМФ» совокупный выброс ПГ морскими транспортными судами, плавающими под флагом РФ, в 2009 и 2011 гг. составил соответственно 7,8 и 7,5 млн. т. CO₂-экв. Это суммарные выбросы от международных морских перевозок безотносительно мест нахождения и бункеровки судов, т.е. вне зависимости от того, заправлялось ли судно топливом в российском порту или за рубежом и сжигало его в территориальном море России или вне его.

3.2.2.6 Выполненные пересчеты

Все замечания Группы экспертов РКИК ООН, высказанные при углубленном рассмотрении кадастров предыдущих лет, были учтены в расчетах.

В 2024 г. в связи с использованием новых значений потенциалов глобального потепления и национальных коэффициентов эмиссии CO₂ (для авиационного керосина, мазута и дизельного топлива) был выполнен перерасчет выбросов ПГ за весь временной ряд от международных авиационных и морских перевозок (международный бункер).

В 2025 г. в связи с уточнением национальных коэффициентов эмиссии CO₂ были выполнены перерасчеты выбросов диоксида углерода от международных авиационных и морских перевозок в 2022 г.

3.2.2.7 Планируемые усовершенствования

В дальнейшем планируется продолжить совершенствование системы сбора данных о деятельности водного транспорта.

3.2.3. Сырьевое и неэнергетическое использование топливных продуктов

Расчет исключенного углерода проводился для лигроина, битума, смазочных материалов, сырой нефти, полученной из битумного угля и смолы, природного газа, дизельного топлива и сжиженного газа в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК (МГЭИК, 2006). Российский топливный баланс предоставляет данные о количестве топлива, используемого для неэнергетических целей. Однако не все из этих топлив включены в расчет исключенного углерода при неэнергетическом использовании. Из расчета по базовому подходу исключен весь углерод, содержащийся в топливе, используемом в неэнергетических целях (сырье, восстановители, нетопливное использование).

Выбросы от использования кокса в черной металлургии учитываются в секторе 2.C.1. «Промышленные процессы, Черная металлургия», поэтому весь кокс, отнесенный в национальной статистике к черной металлургии, исключен из расчетов в категории 1.A.2.a – Черная металлургия, а в секторе 1.A.1 – «Сжигание топлива, базовый подход» рассматривается как

¹⁸<http://www.cniimf.ru>

исключенный углерод. Весь временной ряд данных по использованию кокса в черной металлургии, производстве и неэнергетическом использовании нефтебитума и смазочных материалов согласован с данными, используемыми при проведении расчетов в секторе 2 ОТО – Промышленные процессы и использование иной продукции (Раздел 4).

Из расчетов в подсекторе Сжигание топлива (1.А) исключен природный газ, использующийся в качестве восстановителя при производстве железа прямого восстановления. Для предотвращения двойного учета из расчетов по базовому и секторному подходам исключен так же природный газ, используемый в доменном производстве, а также для производства стали и агломерата. Выбросы от использования природного газа учтены в категории 2С – Металлургия и исключены из расчета в секторе «Энергетика» в секторном подходе. Соответствующие объемы природного газа в базовом подходе учтены как топливо, идущее на неэнергетические цели.

В кадастре этого года проведен перерасчет неэнергетического использования кокса, связанный с уточнением объема кокса, природного газа и угля, используемых в черной металлургии. Кроме того, в кадастре этого года к неэнергетическому потреблению отнесен мазут, применяемый при производстве окатышей. Подробно причины и методы перерасчета приведены в разделе 4, подраздел 4.4.

В 2023 г. доля включенного в инвентаризацию ПГ неэнергетического использования топлива от общего количества топлив, используемых в неэнергетических целях согласно ТЭБ, составила 79,87%. В таблице 3.7 приведены данные о количестве топлива, включенного в расчет накопленного углерода в кадастре этого года.

Таблица 3.7

Общее количество топлива, используемого для неэнергетических целей в России, и общее количество топлива, включенного в расчеты эмиссии парниковых газов

| Год | Общее неэнергетическое использование (ТДж) | Включено в расчеты в данном кадастре (ТДж) | Доля топлива, включенного в расчет в данном кадастре, % |
|-------------|--|--|---|
| 1990 | 6 137 044,98 | 4 569 366,87 | 74,46% |
| 2000 | 3 293 028,54 | 2 101 058,69 | 63,80% |
| 2010 | 4 232 873,92 | 2 668 570,01 | 63,04% |
| 2011 | 4 381 876,00 | 2 781 129,84 | 63,47% |
| 2012 | 4 343 906,39 | 2 749 169,46 | 63,29% |
| 2013 | 4 479 077,50 | 3 159 435,17 | 70,54% |
| 2014 | 4 773 142,27 | 3 447 808,76 | 72,23% |
| 2015 | 4 858 842,95 | 3 502 463,13 | 72,08% |
| 2016 | 4 637 610,36 | 3 164 561,10 | 68,24% |
| 2017 | 4 961 005,77 | 3 476 315,51 | 70,07% |
| 2018 | 5 191 781,61 | 3 600 918,14 | 69,36% |
| 2019 | 5 683 823,13 | 4 033 836,89 | 70,97% |
| 2020 | 5 180 234,93 | 4 165 194,67 | 80,41% |
| 2021 | 5 131 378,53 | 4 062 448,25 | 79,17% |
| 2022 | 5 180 205,12 | 4 117 135,43 | 79,48% |
| 2023 | 5 375 454,38 | 4 293 138,08 | 79,87% |

Для корректного определения доли учтенного неэнергетического использования топлива, к данным по суммарному неэнергетическому использованию топлива, приведенным в материалах Росстата, были добавлены рассчитанные в секторе «Промышленные процессы и использование иной продукции» объемы неэнергетического использования смазочных материалов, битума, кокса. Для всех лет доли учтенного неэнергетического использования топлива рассчитаны с учетом объемов природного газа, используемого для производства железа прямого восстановления. Для временного ряда с 1992 по 1999 годы, когда в качестве исходных

данных для расчета использовались данные национальной статистики, представляемые Росстатом в банк данных Международного энергетического агентства (МЭА), объемы неэнергетического использования смазочных материалов и битума, оцененные МЭА, были вычтены из суммарного неэнергетического использования топлива.

Временные изменения доли учтенного в расчетах неэнергетического использования топлива обусловлены изменениями структуры топлива, потребляемого для неэнергетических целей в промышленности во время кризиса и восстановления экономики. Включение в расчет неэнергетического использования природного газа, используемого в черной металлургии при производстве железа прямого восстановления, в доменном производстве, для производства стали и агломерата позволило значительно увеличить долю топливно-энергетических ресурсов, включенных в расчет захороненного углерода от общего количества неэнергетического использования топлив, учтенного в ТЭБ.

В расчет накопленного углерода в данном кадастре включены все виды топлив, данные для которых представлены в ТЭБ РФ, кроме сырой нефти. Связано это с тем, что данное количество нефти предполагается уже учтенным во вторичных используемых продуктах.

При расчете содержания углерода в топливе, используемом с неэнергетическими целями коэффициенты выбросов углерода на единицу сожженного топлива $C/TДж$ используются в соответствии с коэффициентами выбросов $CO_2/TДж$, используемых в расчетах по секторному подходу.

Начиная с кадастра 2020 года в ответ на замечания экспертов по рассмотрению проведено сравнение данных по неэнергетическому использованию топливных ресурсов, представленных в секторе «Энергетика» и данных по использованию топливно-энергетических ресурсов в качестве сырья, восстановителя или в других целях в разных отраслях промышленности, выбросы CO_2 от которых учитываются в секторе «Промышленные процессы и использование продукции». Рассмотрено использование в промышленности природного газа, твердого и жидкого топлива.

Природный газ. В кадастре в секторе «Промышленные процессы и использование продукции» учтены выбросы CO_2 от использования природного газа в черной металлургии (доменное производство, производство железа прямого восстановления, стали, агломерата и окатышей) а также в химической промышленности в качестве сырья для производства аммиака, метанола и водорода. Выбросы CO_2 учитываются в категориях 2.C.1, 2.B.1, 2.B.8.a и 2.B.10. Кроме того, природный газ может быть использован в промышленности в качестве сырья для производства ацетилена методом окислительного пиролиза (сопровождается выбросами CO_2) или электрокрекинга метана, для производства хлороформа, ГХФУ-22 и других хладагентов (технологические выбросы CO_2 отсутствуют).

Твердое топливо. В секторе «Промышленные процессы и использование продукции» учтены выбросы от использования кокса в черной и цветной металлургии: в производстве чугуна и стали, доменных ферросплавов и свинца (категории 2.C.1, 2.C.2, 2.C.5). С 2012 г. в черной металлургии используется технология пылеугольного дутья, которая способствует снижению потребления кокса в производстве чугуна. Выбросы CO_2 от использования каменного угля в черной металлургии учтены в категории 2.C.1.

Жидкое топливо. В секторе «Промышленные процессы и использование продукции» учитываются выбросы CO_2 от использования продуктов переработки нефти. Выбросы CO_2 от использования нефтяного кокса в качестве сырья для производства карбидов и в электрометаллургии (производство первичного алюминия и электростали) учитываются в категориях 2.B.5, 2.C.1 и 2.C.3. Выбросы CO_2 от использования нефтяных смазочных масел и парафинов учтены в категориях 2.D.1 и 2.D.2. Использование нефтяного битума не сопровождается выбросами CO_2 .

Тяжелые фракции перегонки нефти используются как один из видов сырья для получения технического углерода (сажи). Выбросы CO_2 от производства технического углерода, рассчитанные по методике первого уровня, учитываются в категории 2.B.8.f.

Нафта, сжиженные углеводородные газы и этан используются в промышленности в качестве сырья пиролиза. Выбросы CO_2 от этого использования, рассчитанные по методике первого уровня МГЭИК, учитываются в категории 2.B.8.b (производство этилена). Выполнить отдельный учет выбросов CO_2 от использования каждого из этих видов углеводородного сырья не представляется возможным, так как предприятия в разное время могут использовать разные виды сырья и не ведут отдельный учет производства этилена из каждого вида сырья.

Кроме того, сжиженные углеводородные газы используются в других отраслях химической промышленности, в частности для производства пропилена способом концентрирования пропан-пропиленовой фракции и способом дегидрирования пропана, и для производства других мономеров (бутадиен-1,3, изопрен и другие) способом дегидрирования, для производства галогенированных углеводородов. Выбросы CO_2 от этих технологий использования сжиженных углеводородных газов отсутствуют.

Топочный мазут используется при производстве окатышей в черной металлургии. С 2024 г. выбросы от этого использования топочного мазута учитываются в категории 2.C.1 национального кадастра и поэтому соответствующее количество мазута в кадастре этого года исключено из расчетов в секторе Энергетика за весь временной ряд.

Дизельное топливо используется в кожевенной промышленности, в смазочно-охлаждающих средствах при механической обработке металлов, а также как средство для закалки изделий при термообработке металла.

3.2.4 Базовый подход - по видам топлива (ОТО 1.AB)

3.2.4.1 Описание категории

В соответствии с Руководящими принципами МГЭИК, для проведения расчетов выбросов CO_2 по базовому подходу был использован метод уровня 1 – по видам топлива (МГЭИК, 2006). Для каждого года были оценены выбросы CO_2 при сжигании первичных и вторичных видов топлива. Оценки в основном базировались на данных национального топливного баланса, подготовленного Росстатом. В случае 1990 года оценки выбросов проводились на основе топливного баланса СССР, в той части, которая относится к РФ.

Основными источниками выбросов CO_2 при реализации базового подхода является сжигание нефти, газового конденсата, природного газа, каменного и бурого углей, коксующегося угля и антрацитов. В незначительных количествах сжигается так же торф. Использование горючих сланцев с 2012 г. прекращено. Из вторичных топлив учитывается изменение нетто объемов, ввозимых в страну бензина, дизельного топлива, мазута, сжиженного газа, других видов моторного топлива, угольных брикетов и металлургического кокса.

В 2023 г. выбросы CO_2 от сжигания топлива, рассчитанные с использованием базового подхода по видам топлива, составили 1494885,57 Гг, что на 37,0% меньше, чем в 1990 г. По сравнению с предыдущим годом выбросы, оцененный по базовому подходу увеличились на 3,1%. Временной ряд выбросов CO_2 при сжигании основных видов топлива приведен в таблице 3.8.

Таблица 3.8

Выброс CO_2 при сжигании топлива по видам, Гг

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 ¹⁾ |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| Всего, в том числе | 2,37 | 1,47 | 1,33 | 1,36 | 1,38 | 1,43 | 1,49 | 1,47 | 1,49 | 1,54 | 1,52 | 1,48 | 1,48 | 1,45 | 1,49 |
| Жидкое топливо | 0,93 | 0,41 | 0,34 | 0,33 | 0,30 | 0,38 | 0,46 | 0,44 | 0,46 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,36 | 0,34 | 0,37 |
| Твердое топливо | 0,65 | 0,38 | 0,32 | 0,30 | 0,29 | 0,27 | 0,29 | 0,28 | 0,25 | 0,27 | 0,27 | 0,24 | 0,25 | 0,24 | 0,25 |
| Газ | 0,79 | 0,68 | 0,68 | 0,73 | 0,79 | 0,77 | 0,74 | 0,75 | 0,78 | 0,85 | 0,84 | 0,81 | 0,88 | 0,86 | 0,88 |
| Торф | 0,007 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

¹⁾ Совокупные выбросы CO_2 агрегируют выбросы от суммарного кажущегося потребления всех представленных ТЭР.

Исходные данные

Для расчетной оценки выбросов CO₂ использовался базовый подход МГЭИК. В качестве исходной информации использовались данные о производстве, экспорте, импорте и изменении стока первичных видов топлив. Производство вторичных видов топлив в расчете не использовалось для того, чтобы избежать двойного учета выброса CO₂ при переработке первичных видов топлив.

В соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 апреля 2023 г. № 1074-р с 2023 года приостанавливаются предоставление и распространение официальной статистической информации по отношению к нефти добытой, включая газовый конденсат. В связи с этим в таблицах ОТО 1.A(b) по сжиганию топлива (базовый подход) за 2023 г. приводится обозначение, что информация об объемах добычи, импорта, экспорта, изменений запасов нефти и соответствующие выбросы CO₂ является конфиденциальной (“С” – Confidential). Так же в связи с конфиденциальностью части данных за 2022 и 2023 гг., Краткий расчетный баланс энергоресурсов РФ за 2022 и 2023 гг. не публикуется в открытых источниках.

С 1992 по 1999 гг. для расчетов использовались данные национальной статистики, представляемые Росстатом в банк данных МЭА. Для расчетов за 1990, 1991 и после 2000 гг. использовались данные по производству, экспорту, импорту и изменению запаса топлив, представленные Росстатом. Временной тренд потребления топлива в России, с разделением на жидкие, твердые и газовые топлива приведен в таблице 3.9.

Таблица 3.9

Динамика потребления топлива в России в % к 1990г.

| | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Всего, в том числе | 61,83 | 58,40 | 61,08 | 63,02 | 66,84 | 68,60 | 67,30 | 69,26 | 71,92 | 72,13 | 71,00 | 71,73 | 70,54 | 72,61 |
| Жидкое топливо | 44,29 | 38,26 | 37,39 | 34,56 | 46,62 | 54,49 | 52,30 | 54,61 | 51,04 | 50,59 | 51,39 | 43,61 | 41,90 | 44,62 |
| Твердое топливо | 59,25 | 51,55 | 50,09 | 48,20 | 46,42 | 49,02 | 47,41 | 43,90 | 45,88 | 44,99 | 41,49 | 42,92 | 41,79 | 43,37 |
| Газ | 77,01 | 77,59 | 85,05 | 92,56 | 92,32 | 88,83 | 88,38 | 92,53 | 100,48 | 101,70 | 100,06 | 107,33 | 106,54 | 108,32 |
| Торф | 49,65 | 42,93 | 21,76 | 16,81 | 18,83 | 15,06 | 16,80 | 13,96 | 16,42 | 18,18 | 17,09 | 4,59 | 4,29 | 3,91 |

В таблице ОТО 1.A(b) данные о потреблении топлив за все годы приведены в энергетических единицах (ТДж); таким образом, начиная с кадастра 2020 года была восстановлена однородность данных для всего временного ряда (в соответствии с рекомендацией Е.9 отчета о рассмотрении кадастра 2018 года). Исходные данные в физических единицах (т, м³) не могут быть представлены в таблицах ОТО в связи с тем, что эта информация является конфиденциальной и не публикуется в открытых источниках.

Динамика выбросов углекислого газа

Динамика выбросов углекислого газа от сжигания топлив в РФ определялась в основном изменением компонентного состава топливного баланса и объемов их потребления (рис. 3.10, табл. 3.11). В период с 1990 по 1998 гг. в стране наблюдалось значительное снижение выбросов CO₂, выбросы 1998 г. составили 56,6% от выбросов 1990 г. После 1998 г. наметилась их стабилизация. Относительный спад выбросов парниковых газов отмечался в 2009-2010 г., что может быть результатом кризиса 2008 г., однако уже в 2011 г. выбросы CO₂ снова стали увеличиваться. В последние годы наблюдается относительная стабилизация объемов выбросов.

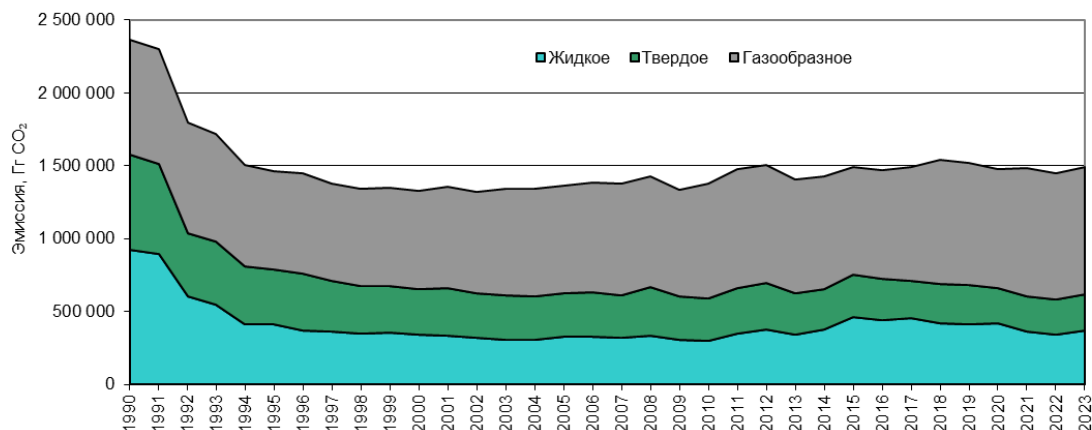


Рисунок 3.10 – Тренды выбросов углекислого газа от сжигания различных видов топлива, Гг

С 1990 произошло значительное изменение доли потребления различных видов топлив, а, следовательно, и вкладов от сжигания твердых, жидких и газообразных топлив в суммарную эмиссию CO_2 в России (табл. 3.10, рис. 3.11). В последнем отчетном году по сравнению с 1990 г. на 25% выросла доля выбросов диоксида углерода от сжигания природного газа, а доли выбросов, обусловленные сжиганием жидких и твердых топлив, сократились на 15 и 11% соответственно. После относительного снижения потребления природного газа в 2015-2016 гг. (на 3,8% по отношению к 2014 г.), в 2017 г. объемы сжигания газа вернулись к уровню 2014 года, а в 2018 году вышли на уровень 1990 года. В последний отчетный год объем сжигания природного газа немного увеличился на 1,7% по сравнению с предыдущим годом и составил 108,3% по отношению к 1990 году. Потребление жидкого топлива увеличилось по сравнению с предыдущим годом (на 6,5%), а твердого топлив - на 3,8%.

Таблица 3.10

Временной тренд выбросов CO_2 в России в % к 1990г.

| | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Всего, в том числе | 61,86 | 56,24 | 57,42 | 58,10 | 60,09 | 62,80 | 62,05 | 62,87 | 64,85 | 64,03 | 62,29 | 62,51 | 61,12 | 63,00 |
| Жидкое топливо | 44,50 | 36,65 | 35,34 | 31,90 | 40,95 | 49,76 | 47,63 | 49,16 | 45,24 | 44,76 | 45,59 | 38,82 | 36,92 | 39,56 |
| Твердое топливо | 57,71 | 48,43 | 45,94 | 44,59 | 41,97 | 44,84 | 42,99 | 39,08 | 41,43 | 41,10 | 36,86 | 37,78 | 37,23 | 38,77 |
| Газ | 85,84 | 85,90 | 93,27 | 100,54 | 98,03 | 93,48 | 95,26 | 99,18 | 107,83 | 106,21 | 103,41 | 111,40 | 109,96 | 111,26 |
| Торф | 49,65 | 42,93 | 21,76 | 16,81 | 18,83 | 15,06 | 16,80 | 13,96 | 16,42 | 18,18 | 17,09 | 4,59 | 4,29 | 3,91 |

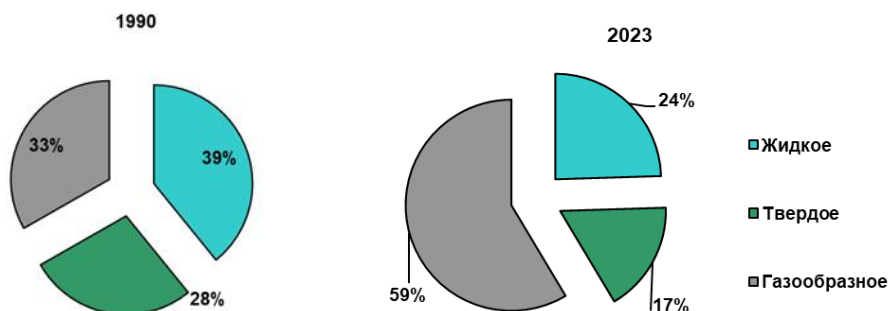


Рисунок 3.11 – Вклад различных видов топлив в суммарный выброс CO_2 от сжигания топлива

3.2.4.2 Методологические вопросы

Фактическое потребление топлива рассчитывали с использованием данных о производстве, экспорте, импорте и изменении стока первичных видов топлив, а также экспорте, импорте и изменении стока вторичных видов топлив по формуле 3.4 (МГЭИК, 2006):

$$\text{Фактическое потребление} = \text{Производство} + \text{Импорт} - \text{Экспорт} - \text{Международный бункер} - \text{Изменение запасов} \quad (3.4)$$

Количество топлива (дизельное топливо, мазут, авиационный керосин), используемого в качестве международного бункера было получено расчетным путем, на основании данных национальной статистики и оценки экспертов. Подробное описание используемой методики и исходных данных приведено в разделе 3.2.2.

Исходные данные за период с 1992 по 2004 гг. приведены в тыс. т, а за 1990, 1991 и после 2005 – в тыс. тонн условного топлива. Для преобразования этих данных в энергетические единицы используются значения низшей теплотворной способности топлива, взятые с учетом свойств отечественных топливных ресурсов. Если исходные данные о потреблении топливных ресурсов приведены в тыс. т условного топлива (тыс. т.у.т.), то для перевода в ТДж используется коэффициент перевода, равный 29,3076 ТДж/тыс. т.у.т.

Для преобразования исходных данных в общие энергетические единицы (ТДж) использовались переводные множители МГЭИК, а для тех топлив, для которых имеются данные, использовались национальные коэффициенты перевода в тонны условного топлива. Начиная с кадастра 2015 года, ряд коэффициентов был пересмотрен, в соответствии с методологическими положениями Росстата и Методическими рекомендациями по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов ПГ в субъектах РФ (Методологические положения, 1999; Методические рекомендации, 2015). Итоговые коэффициенты для всех видов топлива, включенных в расчеты, приведены в таблице 3.12, национальные коэффициенты, приведенные в таблице, помечены как «(н)». Для углей был рассчитан средний калорийный эквивалент с учетом доли углей различных бассейнов в суммарном потреблении угля (включая каменный уголь, коксующийся уголь и антрацит). Значения среднего национального калорийного эквивалента угля для отдельных лет приведены в таблице 3.13. Перевод физических единиц в энергетические производится по формуле 3.5:

$$ADi \text{ (ТДж)} = ADi \text{ (ед)} \cdot Ci \text{ (ТДж/ед)}, \quad (3.5)$$

где: ADi (ТДж) – потребление топливно-энергетического ресурса в ТДж;

ADi (ед) – потребление топливно-энергетического ресурса в физических единицах;

Ci (ТДж/ед) – коэффициент пересчета (таблица 3.12).

В таблицах ОТО, в соответствии с рекомендацией группы экспертов по рассмотрению кадастра, все данные о потреблении топлив за все годы приведены в энергетических единицах ТДж. Таким образом, указанные единицы измерений соответствуют представленным значениям и восстановлена однородность данных для всего временного ряда.

Коэффициенты выбросов CO_2 отражают полное содержание углерода за исключением неокисленного углерода, переходящего в золу, сажу и твердые частицы. В кадастре 2016 года, в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК, принято условие, что потери на неокисленный углерод равны нулю. Коэффициенты эмиссии CO_2 , используемые в инвентаризации по базовому подходу, в основном, взяты из Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Для ряда топлив применяются национальные коэффициенты, разработанные для национального кадастра парниковых газов с учетом состава топлив, применяемых в России. Используемые коэффициенты эмиссии CO_2 приведены в таблице 3.11. Национальный коэффициент выбросов CO_2 от природного газа разработан с учетом физико-химических характеристик товарного газа, транспортируемого по магистральным трубопроводам и поступающего потребителям (Российская Федерация, 2014 (Приложение 4.2); Uvarova et al., 2015). Разрабо-

танный в российском кадастре национальный коэффициент выбросов CO₂ от сжигания природного газа включен в базу коэффициентов МГЭИК и рекомендован для расчета выбросов при операциях с российским природным газом.

В Кадастре за текущий год внедрены результаты выполнения работ по ВИП ГЗ¹⁹ по продлению временного ряда значений национальных коэффициентов выбросов CO₂ от сжигания приоритетных видов жидких топлив. В связи с этим произведен пересчет выбросов от сжигания жидких топлив за 2022 год с использованием полученных значений коэффициентов, вместо усредненных значений за пять предшествующих лет, применявшихся в НДК 2024. Для автомобильного бензина, дизельного топлива, мазута и авиационного керосина средние пятилетние национальные коэффициенты выбросов CO₂, уточненные по данным за 2022 и 2023 год для применения в последующих Кадастрах, составили соответственно 72,1 т CO₂/ТДж, 73,07 т CO₂/ТДж, 74,31 т CO₂/ТДж и 77,81 т CO₂/ТДж. Подробное описание методики оценки национальных коэффициентов, полученных результатов и их апробации приведено в НДК 2024 (НДК, 2024, Приложение 4.4, том 2).

Таблица 3.11

Расчетные коэффициенты перевода в энергетические единицы и коэффициенты выбросов диоксида углерода (тCO₂/ТДж), применяемые в последнем Кадастре

| Наименование типа топливных ресурсов | Единица измерения | Коэффициент перевода натуральных единиц в энергетические | | Учетная доля неокисленного углерода | Коэффициент выброса CO ₂ |
|---|-------------------|--|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | тыс. т.у.т./ ед. | ТДж/ед. | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Нефть, включая промышленный газоконденсат | тыс. т. | 1,430 | 41,91(н) | 0 | 73,3 |
| Автомобильный бензин | тыс. т. | 1,490 | 43,67(н) | 0 | 72,09 (н) |
| Авиационный бензин | тыс. т. | 1,490 | 43,67(н) | 0 | 70,0 |
| Авиационный керосин | тыс. т. | 1,470 | 43,08(н) | 0 | 73,06 (н) |
| Другие виды керосина | тыс. т. | 1,470 | 43,08(н) | 0 | 71,9 |
| Дизельное топливо | тыс. т. | 1,450 | 42,50(н) | 0 | 74,32 (н) |
| Мазут топочный | тыс. т. | 1,370 | 40,15(н) | 0 | 77,81 (н) |
| Мазут флотский | тыс. т. | 1,430 | 41,91(н) | 0 | 77,4 |
| Топливо печное бытовое | тыс. т. | 1,450 | 42,50(н) | 0 | 77,4 |
| Сжиженный нефтяной газ | тыс. т. | 1,570 | 46,01(н) | 0 | 63,1 |
| Другие моторные топлива | тыс. т. | 1,470 | 43,08(н) | 0 | 71,9 |
| Нефтебитум | тыс. т. | 1,350 | 39,57 | 0 | 80,7 |
| Нафта (лигроин) | тыс. т. | 1,536 | 45,01 | 0 | 73,3 |
| Смазочные материалы, парафины | тыс. т. | 1,372 | 40,20 | 0 | 73,3 |
| Газ нефтеперерабатывающих заводов | тыс. т. | 1,500 | 43,96(н) | 0 | 57,6 |
| Нефтяной кокс | тыс. т. | 1,080 | 31,65(н) | 0 | 97,5 |
| Другие нефтепродукты | тыс. т. | 1,430 | 41,91(н) | 0 | 73,3 |
| Уголь по месторождениям | | | | | |
| уголь донецкий | тыс. т | 0,876 | 25,67(н) | 0,19 | 90,2(н) |
| уголь кузнецкий | тыс. т | 0,867 | 25,41(н) | 0,095 | 91,9(н) |
| уголь карагандинский | тыс. т | 0,726 | 21,28(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь подмосковный | тыс. т | 0,335 | 9,82(н) | 0,009 | 95,0(н) |
| уголь воркутинский | тыс. т | 0,822 | 24,09(н) | 0,028 | 92,6(н) |

¹⁹ Работа выполнена ООО «ЦМНТ» в рамках 4 этапа «Продление временного ряда для работы по исследованию компонентного состава приоритетных видов жидкого топлива на 2022-2023 гг.» договора № 32413315914 от 25.03.2024 г.

Продолжение таблицы 3.11

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---------------------------|-------|-----------|-------|----------|
| уголь интинский | тыс. т | 0,649 | 19,02(н) | 0,004 | 93,1(н) |
| уголь челябинский | тыс. т | 0,552 | 16,18(н) | 0,016 | 94,9(н) |
| уголь свердловский | тыс. т | 0,330 | 9,67(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь башкирский | тыс. т | 0,264 | 7,74(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь нерюнгринский | тыс. т | 0,987 | 28,93(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь якутский | тыс. т | 0,751 | 22,01(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь черемховский | тыс. т | 0,752 | 22,04(н) | 0,015 | 94,0(н) |
| уголь азейский | тыс. т | 0,483 | 14,16(н) | 0,015 | 93,9(н) |
| уголь читинский | тыс. т | 0,483 | 14,16(н) | 0,016 | 98,9(н) |
| уголь гусиноозерский | тыс. т | 0,506 | 14,83(н) | 0,015 | 94,9(н) |
| уголь хакаский | тыс. т | 0,727 | 21,31(н) | 0,016 | 94,4(н) |
| уголь канско-ачинский | тыс. т | 0,516 | 15,12(н) | 0,012 | 98,1(н) |
| уголь тувинский | тыс. т | 0,906 | 26,55(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь тунгусский | тыс. т | 0,754 | 22,10(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь магаданский | тыс. т | 0,701 | 20,54(н) | 0,016 | 93,1(н) |
| уголь арктический (шпицбергенский) | тыс. т | 0,669 | 19,61(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь норильский | тыс. т | 0,761 | 22,30(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь огоджинский | тыс. т | 0,447 | 13,10(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь камчатский | тыс. т | 0,323 | 9,47(н) | 0,016 | 93,1(н) |
| уголь Приморья | тыс. т | 0,506 | 14,83(н) | 0,033 | 93,1(н) |
| уголь экибастузский | тыс. т | 0,628 | 18,41(н) | 0,026 | 94,6(н) |
| уголь алтайский | тыс. т | 0,782 | 22,92(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь тугнуйский | тыс. т | 0,692 | 20,28(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь прочих месторождений | тыс. т | 0,768 | 22,51(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| уголь импортный | тыс. т | 0,768 | 22,51(н) | 0,016 | 94,2(н) |
| Антрацит ¹⁾ | тыс. т | 0,753 | 22,07 (н) | 0 | 94,5 (н) |
| Коксующийся уголь ¹⁾ | тыс. т | 0,753 | 22,07 (н) | 0 | 94,5 (н) |
| Каменный уголь ¹⁾ (Другие виды битуминозного угля) | тыс. т | 0,753 | 22,07 (н) | 0 | 94,5 (н) |
| Бурый уголь/Лигнит ¹⁾ | тыс. т | 0,526 | 15,42 (н) | 0 | 99,3 (н) |
| Горючий сланец и битуминозные пески | тыс. т | 0,300 | 8,79(н) | 0 | 107,0 |
| Угольные брикеты | тыс. т | 0,605 | 17,7 (н) | 0 | 97,5 |
| Газ горючий искусственный коксовый | млн. м ³ | 0,570 | 16,71(н) | 0 | 44,4 |
| Газ горючий искусственный доменный | млн. м ³ | 0,143 | 4,19(н) | 0 | 260,0 |
| Кокс металлургический | тыс. т | 0,990 | 29,01(н) | 0 | 107,0 |
| Смола каменноугольная | тыс. т | 1,300 | 38,10(н) | 0 | 80,7 |
| Природный газ | млн. м ³ | 1,154 | 33,82(н) | 0 | 54,4(н) |
| Торф | тыс. т | 0,340 | 9,96(н) | 0 | 106,0 |
| Прочие горючие отходы | тыс. т у.т. | 1,000 | 29,31 | 0 | 143,0 |
| Дрова для отопления и древесные отходы | плот. тыс. м ³ | 0,266 | 7,80(н) | 0 | 112,0 |
| Древесный уголь | тыс. т | 0,930 | 27,26(н) | 0 | 112,0 |

¹⁾ – теплотворная способность углей и содержание в них углерода, зависят от месторождения, средневзвешенное значение может изменяться от года к году, в таблице приведены значения, применяемые в последнем отчетном году.

(н) – указывает на национальные коэффициенты.

Национальный коэффициент выбросов CO₂ при сжигании угля разработан с учетом того, что угли разных марок и видов отличаются друг от друга по характеристикам, влияющим на содержание углерода. Для оценки эмиссии CO₂ при сжигании углей для производства энергии, начи-

ная с Кадастра 2015, использовались коэффициенты эмиссии, рассчитанные на основании исследования, проведенного в 1997 году крупнейшей на то время энергетической компанией России – РАО «ЕЭС России» на основе данных о физико-химических свойствах российских топлив и технологиях сжигания, используемых на российских тепловых электростанциях (ТЭС) (РАО «ЕЭС России», 1999). Коэффициенты эмиссии при сжигании углей определены отдельно для каждого из бассейнов. Оценка национальных коэффициентов эмиссии была проведена РАО «ЕЭС России» для топлив, составляющих в структуре топливного баланса тепловых электростанций РФ более 1%. Потери на неокисленный углерод при сжигании угля достаточно существенны и не могут быть приняты равными нулю. Поэтому, в приведенных в таблице 3.11, коэффициентах выбросов по типам углей уже включена доля неокисленного углерода, характерная для условий и технологий сжигания, применяемых в России. Осредненная доля неокисленного углерода при сжигании углей составляет 0,016.

При отсутствии данных о содержании углерода в угле отдельных месторождений, было принято среднее по стране значение (2,76 т CO₂/т.у.т.). Расчет средневзвешенного коэффициента для каждого года проводился по формуле 3.6:

$$EF_{CO_2} = \frac{\sum(AD_{\text{месторожд.}} \cdot CF_{\text{месторожд.}} \cdot EF_{\text{месторожд.}})}{\sum(AD_{\text{месторожд.}} \cdot CF_{\text{месторожд.}})} \cdot 10^6 / 29,3076 \quad (3.6)$$

где: EF_{CO_2} – средневзвешенное значение коэффициента выброса CO₂ при сжигании угля, кг CO₂/ТДж;

$AD_{\text{месторожд.}}$ – потребление угля в качестве котельно-печного топлива, разделенное по бассейнам и месторождениям т;

$CF_{\text{месторожд.}}$ – средний калорийный эквивалент для пересчета одной натуральной тонны угля в условное топливо (т.у.т/т) (таблица 3.8);

$EF_{CO_2 \text{ месторождение}}$ – коэффициенты выбросов CO₂ в углях различных угледобывающих бассейнов (тCO₂/т.у.т.);

10⁶ – переводный множитель т CO₂/т.у.т. на кг CO₂/тыс. т.у.т.;

29,3076 – переводный множитель тыс. т.у.т. в ТДж.

Средневзвешенный коэффициент выбросов CO₂ от сжигания угля рассчитывали для каждого года на основе данных о потреблении в экономике страны углей разных марок и с применением данных о содержании углерода в них.

Статистические данные о потреблении углей по видам экономической деятельности представлены только в целом для каменных углей и для бурого угля, а данные отдельно для антрацита, коксового угля и каменного угля доступны только по добыче. В Кадастре при расчете выбросов от сжигания углей, для соблюдения структуры отчетности, определенной в Руководящих принципах МГЭИК, 2006, доля перечисленных углей в добыче используется для разделения общего количества каменного угля, потребляемого в секторах промышленности, на антрацит, коксовый уголь и каменный уголь. Поэтому начиная с Кадастра 2015 с учетом ежегодных данных Росстата о доли добычи углей различных бассейнов рассчитывается единый национальный коэффициент выбросов CO₂ при сжигании каменных углей (включая антрацит и коксующийся уголь), который используется в Кадастре для всех видов углей, кроме бурого.

Подробно методика определения содержания углерода и доли неокисленного углерода в углях различных угольных бассейнов приведена в НДК за 1990-2012 гг. (НДК, 2014, том 1, раздел 3.2.3.1 Энергетическая промышленность) и в более ранних версиях НДК. Кроме того, исходные данные и методика, используемые РАО «ЕЭС России» при расчете коэффициентов эмиссии углерода в углях различных бассейнов, прошли проверку группы экспертов РКИК ООН в ходе рассматриваний в стране в 2007, 2009 и 2010 гг. и при централизованных рассмотрениях в 2008, 2011-2015 гг. Такой подход отвечает требованиям уровня 2 Руководящих принципов МГЭИК.

Используемые в предыдущих Кадастрах данные о свойствах углей по бассейнам хоть и являются национальными, но получены уже достаточно давно и не отражают современную структуру добычи и потребления углей. Поэтому в 2024 году была инициирована работа²⁰ по обновлению национального коэффициента, на основании данных о свойствах углей, потребляемых и добываемых в России в настоящее время. В Кадастре 2025 года национальные коэффициенты выбросов CO₂ от сжигания углей обновлены в категории 1A1a Централизованное производство тепла и электроэнергии (см. раздел 3.2.5.1), на основании данных о составе углей по отдельным маркам и месторождениям, полученным от АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК), и данных о структуре потребления углей по маркам, полученным от ООО «Сибирская генерирующая компания» (ООО «СГК»), с учетом доли «СГК» в суммарном потреблении углей. Для остальных углей, как и в предыдущих Кадастрах, значения коэффициентов эмиссии CO₂ при сжигании углей различных месторождений приняты по оценке РАО «ЕЭС России» (РАО «ЕЭС России», 1999).

Коэффициенты выброса CO₂ при сжигании каменного и бурого углей в таблице 3.12 рассчитаны на основе средневзвешенного содержания углерода в угле с использованием данных статистической отчетности о потреблении в качестве котельно-печного топлива углей различных бассейнов и месторождений (форма 4-ТЭР), данных о потреблении различных марок углей в ООО «СГК» (более подробно описано в разделе 3.2.5.1). За более ранний период коэффициенты эмиссий CO₂ от сжигания углей остались без изменения.

Таблица 3.12

Национальные значения коэффициента выброса CO₂ для стационарного сжигания угля – EF (кг CO₂/ТДж)

| Год | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|----------------|---------|---------|--------|--------|--------|
| Каменный уголь | 94 381 | 94 330 | 94 377 | 94 414 | 94 474 |
| Бурый уголь | 102 518 | 101 675 | 99 512 | 99 178 | 99 331 |

3.2.4.3 Обеспечение и контроль качества по категории в целом

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы. Обеспечение качества инвентаризации выполняется на этапах сбора и электронного ввода данных о деятельности коэффициентов эмиссии и расчетных коэффициентов. Исходные данные и результаты расчетов сравниваются по годам и отдельным категориям источников.

При вводе исходных данных в расчетные таблицы разработана специальная система контроля качества, позволяющая избежать ошибок ввода данных, которая состоит из трех этапов:

- На первом этапе проводится сравнение рассчитанных значений общего объема топлив с учетом, добычи, импорта и изменения запасов с данными топливно-энергетического баланса для всех видов топлив, включая вторичные;
- Второй этап контроля качества состоит в сравнении расчетных данных об общем потреблении топлива в стране с учетом экспорта с данными топливно-энергетического баланса;
- На третьем этапе из расчетов удаляются данные о производстве вторичных топлив и производится расчет внутреннего потребления топлив в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК (МГЭИК, 2006).

²⁰ Работа проводилась ФГБУ «ИГКЭ» в сотрудничестве с АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК), ООО «Сибирская генерирующая компания» (ООО «СГК»)

Мероприятия проводятся регулярно и выполняются поэтапно, по мере подготовки кадастра парниковых газов. По методическим вопросам сбора данных проводились консультации со специалистами Росстата, Минтранса России, Энергетического углеродного фонда, МЭА. Элементом контроля качества кадастра является внешняя проверка исходных данных и оценок выбросов специалистами федеральных министерств и ведомств. В частности, большой объем работы по проверке исходных данных проведен специалистами Росстата.

Предпринятые процедуры контроля качества соответствуют уровню 2.

3.2.4.4 Перерасчеты и изменения, сделанные в ответ на рассмотрения кадастров

Пересчеты в базовом подходе, проведенные в Кадастре 2025 года связаны:

- С использованием обновленных значений национальных коэффициентов выбросов CO₂ за 2022 и 2023 гг. от приоритетных видов жидких топлив: автомобильного бензина, дизельного топлива, авиационного керосина и топочного мазута,
- С уточнением расчета выбросов CO₂ от сжигания углей по данным потребления ООО «СГК» за 2019-2023 гг.,
- с уточнением нетопливного использования угля в доменном производстве, нетопленом использовании кокса и природного газа в черной металлургии, включением в расчеты нетопливного использования мазута,
- с устранением неточностей в учете нетопливного использования при расчете показателя Кажущееся потребление топлива за исключением нетопливного использования (Apparent energy consumption (excluding non-energy use, reductants and feedstocks) в таблицах 1.АС.
- с изменением в объеме добычи (production) торфа за 2021 вызванных корректировкой ТЭБ,
- с изменением в объеме экспорта дизельного топлива, других нефтепродуктов и торфа за 2021 г. вызванных корректировкой ТЭБ и исправления ошибки в объеме экспорта мазута за 2022 г.,
- с изменением в объеме изменения запасов (stock change): природного газа и торфа за 2021 г.; антрацита, коксующихся, каменных (других видов битуминозного углей) и бурых углей в 2022 г., вызванных корректировкой ТЭБ.

Проведенные уточнения позволили сократить расхождение между базовым и секторным подходом для всего временного ряда.

3.2.4.5 Планируемые усовершенствования

Проведение усовершенствований в расчетах по базовому подходу не планируется за исключением возможного влияния на базовый подход дальнейших работ по разработке национальных коэффициентов выбросов отдельных видов топлив и уточнения исходных данных.

3.2.5 Секторный подход (по категориям источников) – ОТО 1.АА

При расчетах с использованием секторного подхода определялись выбросы CO₂, других парниковых газов- CH₄, N₂O, а также газов с косвенным парниковым эффектом – NO_x, СО, неметановых углеводородов на основе статистических данных о сжигании топлива по секторам экономики (МГЭИК, 2006). Инвентаризация выбросов ПГ, включает оценку выбросов от энергетической промышленности при переработке топлива и производстве энергии (1.А.1), промышленного производства и строительства (1.А.2), транспорта (1.А.3), других отраслей экономики (1.А.4), в том числе: коммерческое использование (1.А.4.а), использование в жилом секторе (1.А.4.б), сельское хозяйство, рыболовство и лесоводство (1.А.4.с), других видов сжигания топлива (1.А.5).

Суммарная эмиссия парниковых газов от сжигания топлива от всех категорий источников, оцененная по секторному подходу, в последний отчетный год составила 1476479,28 Гг, CO₂-экв. что на 35,6% меньше, чем в 1990 году, и на 3,6% больше, чем в предыдущем году. Вклад отдельных подкатегорий в эмиссию парниковых газов показан на рисунке 3.12.

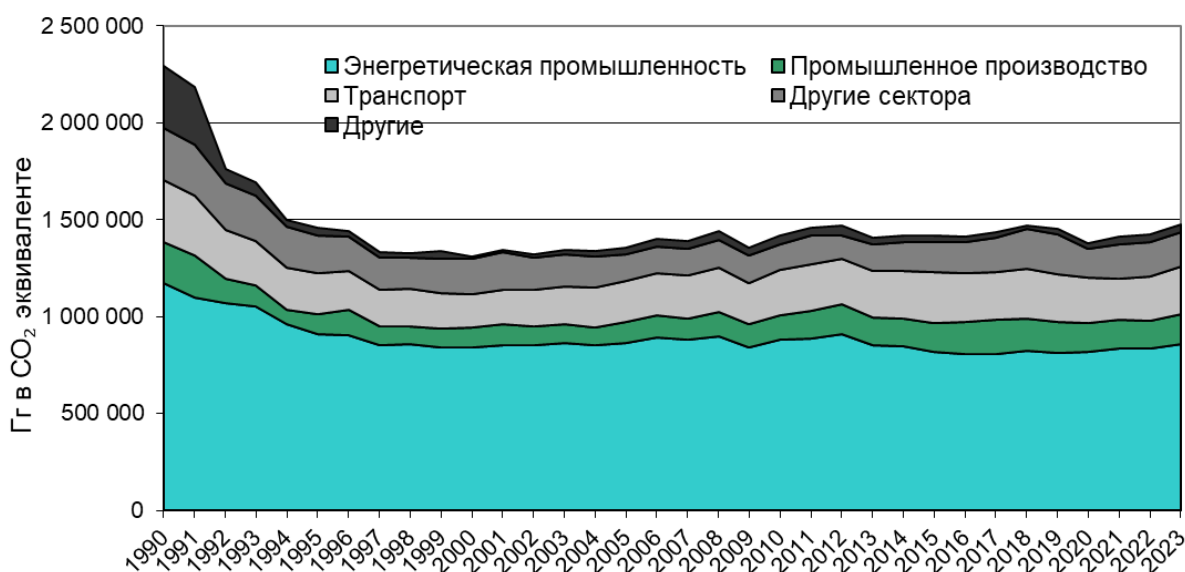


Рисунок 3.12 – Выбросы парниковых газов при сжигании топлива по категориям источников (Гг CO₂ – экв.)

Для проведения инвентаризации в категории 1.А Сжигание топлива использованы рекомендуемые МГЭИК параметры (коэффициенты эмиссии, доли окисленного углерода и др.), кроме национальных параметров, приведенных в таблице 3.12 и отмеченных индикатором «(н)». К ним относятся значения низшей теплоты сжигания топлив, используемые для перевода исходных данных в ТДж, взятые с учетом свойств отечественных топлив. Расчет потребления топлива в ТДж проводится по формуле 3.5. Национальные коэффициенты эмиссии, аналогичные используемым в расчете по базовому подходу, применены к углям, жидким топливам и природному газу.

Выбросы CO₂, относящиеся к использованию доменного газа, учтены в секторе 2.С.1 – Промышленные процессы – Черная металлургия. Поэтому для того, чтобы избежать двойного учета, доменный газ исключен из расчетов в секторе 1.А. – Сжигание топлива. По рекомендации группы экспертов по рассмотрению кадастра, доменный газ включен в расчеты для определения выбросов CH₄ и N₂O.

Для исключения двойного учета с сектором Промышленные процессы из расчетов в секторном подходе исключен природного газа, идущий на производство железа прямого восстановления, природный газ, используемый в доменном производстве, при производстве стали и при производстве агломератов.

В настоящем кадастре в секторе Промышленные процессы произведен перерасчет объема природного газа, используемого для производства железа прямого восстановления, что привело и к перерасчету объема природного газа, исключенного из расчета в секторе Энергетика. Подробнее методика расчета объемов природного газа, исключенного из расчетов в секторе Энергетика, описана в разделе 4.4 – Металлургия (2с).

В кадастре этого года проведен перерасчет неэнергетического использования кокса, связанный с уточнением объема кокса, природного газа и угля, используемых в черной металлургии. Кроме того, в кадастре этого года к неэнергетическому потреблению отнесен мазут, применяемый при производстве окатышей.

Временной ряд суммарных выбросов ПГ в эквиваленте CO₂ при сжигании топлива с указанием выбросов по основным категориям источников представлен в таблице 3.13.

В Кадастр 2025 года в секторном подходе, как и в базовом, введены результаты продления временного ряда за 2022 и 2023 гг. национальных коэффициентов эмиссий CO_2 от сжигания приоритетных видов топлив: автомобильный бензин, дизельное топливо, авиационный керосин, мазут топочный. Более подробно методология разработки национальных коэффициентов выбросов при сжигании жидких видов топлив и полученные результаты приведены в Приложении 4.4 Тома 2 Доклада о национальном кадастре за 2024 г. (НДК, 2024)

Таблица 3.13

*Эмиссия парниковых газов при сжигании топлива по категориям источников
(Гт CO_2 эквивалента)*

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Всего | 2,29 | 1,46 | 1,31 | 1,35 | 1,42 | 1,42 | 1,42 | 1,41 | 1,44 | 1,47 | 1,45 | 1,38 | 1,41 | 1,42 | 1,48 |
| Энергетическая промышленность | 1,17 | 0,91 | 0,84 | 0,86 | 0,88 | 0,85 | 0,82 | 0,81 | 0,81 | 0,83 | 0,81 | 0,82 | 0,84 | 0,83 | 0,86 |
| Промышленное производство | 0,21 | 0,11 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Транспорт | 0,32 | 0,21 | 0,17 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,27 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,25 |
| Другие сектора | 0,27 | 0,20 | 0,18 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,20 | 0,15 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| Другие | 0,32 | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

3.2.5.1 Энергетическая промышленность (1.A.1)

Обзор

К категории «Энергетическая промышленность» отнесены выбросы от сжигания топлива при добыче, переработке топлив и производстве энергии (МГЭИК, 2006). Суммарная эмиссия ПГ от категории «Энергетическая промышленность» (1.A.1) в 2023 году составила 860928,54 Гг CO_2 -экв., из них 99,7% приходится на выбросы CO_2 . Выбросы от сжигания топлива для энергетических целей составляют 58,6% выбросов CO_2 от всего сжигания топлива. Временной тренд выбросов CO_2 от сжигания топлива при добыче, переработке топлив и производстве энергии в России приведен на рисунке 3.13.

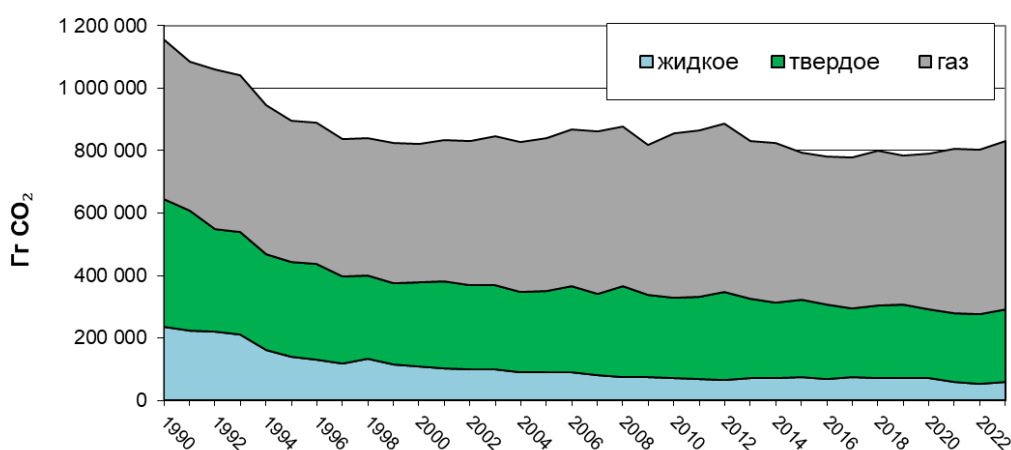


Рисунок 3.13 – Выбросы CO_2 при сжигании топлива в энергетической промышленности, Гт CO_2

Методологические вопросы

В соответствии с методикой МГЭИК в секторе энергетическое использование топлива учитывалось топливо, сжигаемое для производства электроэнергии и тепла, а также при производстве и трансформации энергии для собственного теплоснабжения и собственных нужд. Топливо, преобразуемое во вторичные виды топлива при помощи физических и химических процессов, не включающих горение, в расчеты не включалось.

Для оценки выбросов в данной категории в 1992-1999 гг. использовались данные российской национальной статистики, сформированные в соответствии с требованиями представления информации в базу данных МЭА. При расчете эмиссии учитывались данные, отнесенные к энергетическому сектору и сектору преобразования топлив, за вычетом потребления первичных видов топлива, идущих на производство вторичного топлива.

Расчеты для 1990, 1991, 2000-2004 годов проводились с использованием исходных данных, предоставленных Росстатом. Российская национальная статистика предоставляет данные о сжигании топлива для преобразования в другие виды энергии (электро- и тепло-), а также о сжигании топлива для производства продукции в топливной промышленности и энергетике.

Начиная с 2005 года, в связи с приведением государственных статистических наблюдений в соответствие с общероссийским классификатором видов экономической деятельности (ОКВЭД), появилась возможность выделения подкатегорий источников в категории «Энергетическая промышленность» (1.A.1). Поэтому при оценке выбросов, начиная с 2005 года, отдельно рассчитаны выбросы от подкатегорий Основные производители электро- и тепло-энергии (1.A.1.a). Сжигание топлива при перегонке нефти (1.A.1.b) и Производство твердых топлив и другие энергетические отрасли, включая сжигание топлива при добыче угля, нефти и газа (1.A.1.c).

В соответствии с рекомендацией группы экспертов РКИК ООН проведено разделение данных о деятельности и выбросов парниковых газов по подкатегориям энергетической промышленности для 1990-2004 годов. Разделение данных о деятельности проведено в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК (МГЭИК, 2016). Средние доли жидких, твердых и газообразных топлив, сжигаемых в подкатегориях 1.A.1.a, 1.A.1.b и 1.A.1.c, определены за период 2005-2013 гг. В соответствии с полученными долями суммарные объемы жидкого, твердого и газообразного топлив, сжигаемых в энергетической промышленности в 1990-2004 годах, распределены по подкатегориям. Выбросы ПГ для каждой подкатегории источников рассчитаны на основании полученных значений потребления твердого, жидкого и газообразного топлив с использованием вмененных коэффициентов эмиссии (IEF) для CO₂, N₂O и CH₄, определённых для каждого года отдельно с учетом удельных вкладов отдельных топлив.

Отдельно произведена оценка выбросов от категории 1.A.1.c.i – Производство твердых топлив (производство кокса). В российской национальной статистике (ТЭБ) данные о сжигании топлива при производстве кокса объединены с данными о сжигании топлива при нефтепереработке. Поэтому для разделения выбросов и приведения структуры российского кадастра в соответствие со структурой МГЭИК, в настоящем кадастре все твердые топлива, отнесенные в ТЭБ к категории «Нефтепереработка и производство кокса», для всего временного ряда были перенесены в категорию 1.A.1.c.i – Производство твердых топлив.

Основной вклад (89,0%) в выбросы диоксида углерода в категории «Энергетическая промышленность» (1.A.1) вносит сжигание топлива при производстве тепло- и электроэнергии (рис. 3.14). Подкатегория 1.b. – «Сжигание топлива при перегонке нефти» вносит 5,1% в выбросы CO₂, подкатегория «Сжигание топлива при добыче и другие энергетические отрасли» - 5,8%, а вклад подкатегории 1.c. – «Производство твердых топлив и другие энергетические отрасли», состоящие из производства кокса и сжигания топлива при добыче, составляет 0,2%.

Для оценки эмиссии CO₂ при сжигании топлива в энергетике страны в предыдущих кадастрах использовались национальные коэффициенты эмиссии, рассчитанные по соотношению доли углей различных марок в общем потреблении угля предприятиями электроэнергетики. В соответствии с рекомендацией группы экспертов РКИК ООН рассчитан временной ряд национальных коэффициентов выбросов CO₂ не только для предприятий электроэнергетики, но и для всего потребления углей в качестве топлива в России (табл. 3.13). Это позволило применить национальный коэффициент эмиссии не только к категории энергетическая промышленность, но и ко всему

сектору сжигание топлива. Эти же коэффициенты были применены для всех видов стационарного сжигания угля, в том числе и на предприятиях электроэнергетики.

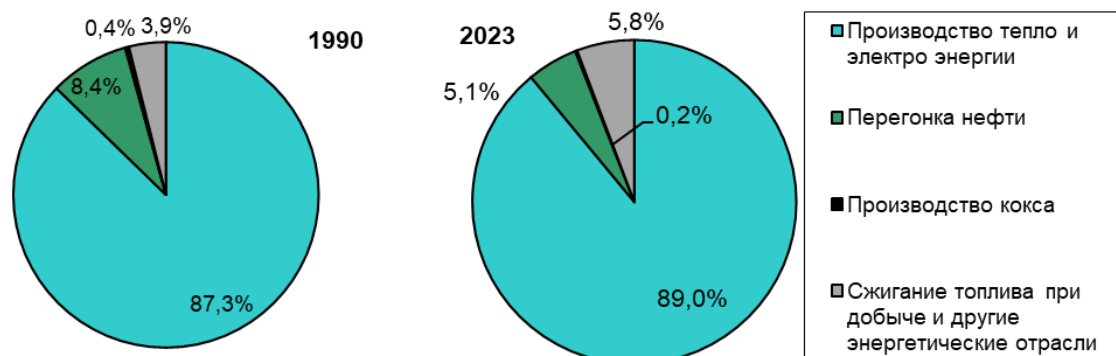


Рисунок 3.14 – Вклад подкатегорий 1.A.1.a, 1.A.1.b, 1.A.1.c в выбросы CO₂ при сжигании топлива в энергетической промышленности

В рамках уточнения выбросов CO₂ от сжигания углей в категории 1.A.1a, была выполнена работа в сотрудничестве с АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (ГК АО «СУЭК») и ООО «Сибирская генерирующая компания» (ООО «СГК»). Основной целью исследования стало уточнение коэффициентов выбросов CO₂ для различных марок углей, что позволяет учитывать особенности их использования и изменчивость структуры потребления по годам. Для сбора данных использовались анкеты – структурированные запросы, включающие информацию о физико-химических характеристиках углей, таких как содержание углерода, зольность, общая влага, теплотворная способность, а также данные об объемах добычи и потребления. Всего было получено 65 заполненных анкет от 14 производителей. На основе собранных данных были выполнены расчеты коэффициентов выбросов CO₂ для отдельных марок угля, приведенных в таблице 3.14. Приведенные коэффициенты эмиссии CO₂ от сжигания углей были рассчитаны как средневзвешенные в зависимости от вклада каждой марки угля в общее потребление ООО «СГК» по бассейнам. Это позволило перейти от ранее использовавшихся усредненных в масштабах потребления в целом по стране значений по каменным и бурым углям к более детализированным оценкам. По данным потребления бурых и каменных углей в 2019-2023 гг. ООО «СГК» были оценены выбросы CO₂ с применением уточненных коэффициентов. Для остальной части потребления углей применялся подход с применением национальных коэффициентов эмиссий, приведенных в таблице 3.11.

Таблица 3.14

Принятые уточненные коэффициенты эмиссии CO₂ для части углей, потребляемых в ООО «СГК» за 2019-2023 гг. (тCO₂/ТДж).

| Уголь по месторождениям | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| уголь канско-ачинский | 99,1 | 99,3 | 99,2 | 99,0 | 99,1 |
| уголь Приморья | 103,8 | 103,6 | 103,7 | 103,8 | 103,9 |
| уголь кузнецкий | 89,7 | 88,5 | 89,0 | 90,3 | 89,3 |
| уголь хакасский | 98,4 | 98,2 | 98,2 | 98,1 | 98,3 |

В Кадастре этого года, как и в других категориях сектора 1А Сжигание топлива внедрены национальные коэффициенты выбросов CO₂ от приоритетных видов жидких топлив, рассчитанные с учетом особенностей физико-химического состава топлив, добываемых и используемых в России. Значения национальных параметров, используемых в настоящем кадастре, приведены в таблице 3.11, 3.12 и разделе 3.2.4.2. Для оценки выбросов CO₂ при сжигании других топлив (кроме природного газа, приоритетных жидких топлив и углей), а также для оценки выбросов других парниковых газов использовались коэффициенты эмиссии, рекомендованные МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Уточнение коэффициентов выбросов CO₂ позволило повысить точность расчетов в подкатегории Основные производители электро- и тепло-энергии (1.А.1.а). В 2019–2020 годах оценка выбросов увеличилась на 2067,22 тыс. т CO₂ и 945,41 тыс. т CO₂, что связано с перераспределением долей углей. В 2021–2023 годах зафиксировано снижение, достигшее - 1667,52 тыс. т CO₂ в 2022 году. Основной вклад в сокращение выбросов внесли бурые угли, тогда как выбросы от каменных углей остались на стабильном уровне.

Исходные данные

Временной тренд сжигания топлива при добыче, переработке топлив и производстве энергии в России приведен в таблице 3.15.

Таблица 3.15

Временной тренд сжигания топлива в категории «Энергетическая промышленность»,
% к 1990г.

| | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Всего | 79,0 | 74,0 | 76,9 | 79,5 | 77,1 | 73,7 | 72,8 | 72,7 | 74,4 | 72,6 | 74,1 | 76,2 | 75,9 | 78,2 |
| Жидкое топливо | 60,1 | 47,7 | 40,3 | 33,1 | 35,2 | 35,8 | 32,4 | 32,3 | 31,5 | 31,4 | 31,1 | 25,8 | 22,8 | 26,4 |
| Твердое топливо | 72,6 | 64,5 | 63,3 | 62,4 | 58,5 | 60,9 | 58,9 | 53,5 | 56,2 | 56,4 | 53,1 | 53,7 | 54,1 | 56,3 |
| Газ | 88,6 | 87,3 | 95,6 | 103,1 | 99,9 | 92,2 | 92,6 | 94,7 | 97,4 | 93,6 | 98,0 | 103,3 | 103,5 | 105,4 |
| Другие топлива | 132,4 | 188,7 | 226,8 | 261,8 | 276,2 | 278,4 | 305,3 | 331,7 | 264,4 | 315,6 | 327,2 | 348,2 | 338,6 | 348,3 |
| Торф | 46,6 | 51,1 | 30,5 | 21,3 | 25,4 | 21,0 | 22,0 | 18,8 | 23,1 | 26,9 | 23,9 | 6,3 | 5,9 | 5,3 |

Обращает на себя внимание тот факт, что потребление газа в энергетической промышленности, начиная с 2007 г., было практически равно или немного превышало уровень 1990 года, а начиная с 2012 г. потребление газа в энергетической промышленности сокращается, а после 2020 года опять увеличивается. В 2023 г. потребление газа увеличилось на 1,9% по отношению к предыдущему году и составило 105,4% по отношению к 1990 г. При этом потребление жидкого и твердого топлива в 2023 г. сократилось по отношению к 1990 г., соответственно, на 73,6% и 43,7%. По сравнению с предыдущим годом общее потребление топлива в энергетической промышленности снизилось на 3,0%.

В соответствии с рекомендацией группы экспертов РКИК ООН, в таблице 3.16 приводятся детализированные по видам объемы потребления топлива в подкатегории «Энергетическая промышленность» (1.А.1).

Таблица 3.16

Расход топлива в категории «Энергетическая промышленность» в последнем году, представленном в кадастре, ТДж

| Виды топлива | 1A1a | 1A1b | 1A1ci | 1A1cii |
|------------------------------------|--------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Дизельное топливо | 55130,09 | 1640,35 | | 117709,73 |
| Мазут | 138972,07 | 23785,70 | | 152,58 |
| Сжиженный газ | 4969,40 | 9497,07 | | 78,22 |
| Антрацит | 89248,35 | | | 282,80 |
| Коксующийся уголь | 373925,89 | | | 1184,86 |
| Каменный уголь | 729155,48 | | | 2310,48 |
| Бурый уголь | 1138274,36 | | | 98,66 |
| Торф | 2289,86 | | | 0,00 |
| Угольные брикеты | 79,13 | | | 0,00 |
| Газ горючий искусственный коксовый | 71941,51 | | 36937,16 | 38,42 |
| Кокс металлургический сухой | 2,90 | | | 0,00 |
| Природный газ | 9007789,32 | 147131,37 | | 737618,45 |
| Прочие горючие отходы | 172780,03 | 25582,60 | | 0,00 |
| Всего¹⁾ | 11850392,50 | 607800,12 | 36937,16 | 861248,78 |
| Биомасса | 22271,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

¹⁾ Сумма значений по столбцам не совпадает со значением «Всего», т.к. из детальной разбивки по видам топлива исключены значения, содержащие конфиденциальную информацию.

3.2.5.2 Промышленное производство и строительство (1.A.2)

Обзор

Категория «Промышленное производство и строительство» подразумевает оценку выбросов парниковых газов при сжигании топлива в промышленности, включая производство электроэнергии и тепла для собственных нужд предприятий. Выбросы от сжигания топлива в промышленном производстве и строительстве представлены по следующим подкатегориям источников: Черная металлургия (1.A.2.a), Цветная металлургия (1.A.2.b), Химическая промышленность (1.A.2.c), Целлюлозно-бумажная промышленность (1.A.2.d), Пищевая промышленность (1.A.2.e) и Производство неметаллических продуктов (1.A.2.f) и Другие сектора промышленности (1.A.2.g).

Суммарная эмиссия парниковых газов от подсектора в последнем отчетном году составила 153218,19 Гг CO₂-экв., из них 99,58% приходится на выбросы CO₂. Выбросы от сжигания топлива в промышленности составили 10,4% выбросов диоксида углерода от всего сжигания топлива. Временной тренд выбросов от сжигания топлива в промышленности приведен на рисунке 3.15.

Методологические вопросы

Российская национальная статистическая отчетность в целом соответствует требуемой детализации и распределению данных. В категорию Другие сектора промышленности (1.A.2.g) при проведении инвентаризации были включены выбросы от сжигания топлива в следующих отраслях промышленности: машиностроение и металлообработка, производство строительных материалов, легкая промышленность, другие сектора промышленности и строительство. Начиная с 2005 года, в связи с приведением государственных статистических наблюдений в соответствие с ОКВЭД, изменилась структура статистической отчетности. Появилась возможность перенести данные о сжигании топлива при перегонке нефти и добыче топливных полезных ископаемых в категорию «Энергетическая промышленность» (1.A.1). Данные о сжигании топлива в цветной и черной металлургии приведены в статистической отчетности после 2005 г. совместно. В связи с указанными изменениями структуры отчетности по исходным данным, значительно изменился и

вклад различных промышленных производств в суммарный выброс CO_2 от категории 1.А.2 «Промышленное производство и строительство» (рис. 3.15). Однако, для 1990-2007 гг. данные Росстата не позволяли представить категорию Производство неметаллических продуктов (1.А.2.ф) как отдельную, поэтому для данного периода выбросы включались в категорию Другие сектора промышленности (1.А.2.г), что так же включено в пояснения в таблице ОТО в соответствии с рекомендациями группы по рассмотрению кадастра.

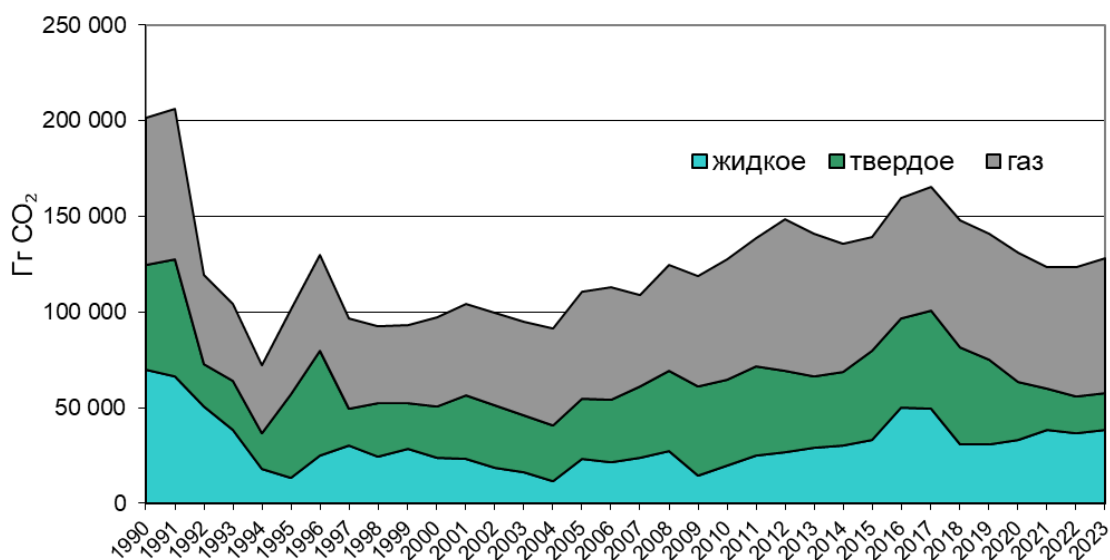


Рисунок 3.15 – Выбросы CO_2 при сжигании топлива в промышленности, Гг.

По рекомендации экспертов выбросы от категории Производство неметаллических продуктов (1.А.2.ф) выделены из категории Другие сектора промышленности (1.А.2.г) и представлены отдельно для периода, начиная с 2008 г.

В 1990 г. суммарный вклад черной и цветной металлургии составил 37% выбросов CO_2 от категории промышленное производство, а в 2023 г. сократился до 26%. Вклад химического производства увеличился на 6%, а пищевой промышленности сократился на 4%. Вклад других видов промышленности, включая текстильное производство, производство кожи, резиновых, пластмассовых и других неметаллических изделий, машиностроение, производство транспортных средств и строительство, в 2023 году оказался на 8% больше, чем в 1990 году. Вклад производства неметаллических изделий (выделенный начиная с 2008 года) в суммарный выброс от промышленного производства в 2023 г. составил 16% (рис.3.16).

Коэффициенты эмиссии углерода, поправки на неполное его окисление и коэффициенты преобразования фактического выброса углерода в эмиссию диоксида углерода использовались в соответствии с методологией МГЭИК (МГЭИК, 2006). В расчет включено только топливное использование энергетических ресурсов. Национальные параметры расчетов выбросов, применяемые в категории «Промышленное производство и строительство» аналогичны тем, что применяются и в других категориях стационарного сжигания топлива и включают в себя теплотворные способности ряда топлив и коэффициенты выбросов CO_2 при сжигании угля и природного газа. В Кадастр 2025 года, как и в других категориях сектора 1А Сжигание топлива внедрены национальные коэффициенты выбросов CO_2 от приоритетных видов жидких топлив, рассчитанные с учетом особенностей физико-химического состава топлив, добываемых и используемых в России. Значения национальных параметров, используемых в настоящем кадастре, приведены в таблице 3.11, 3.12 и разделе 3.2.4.2.

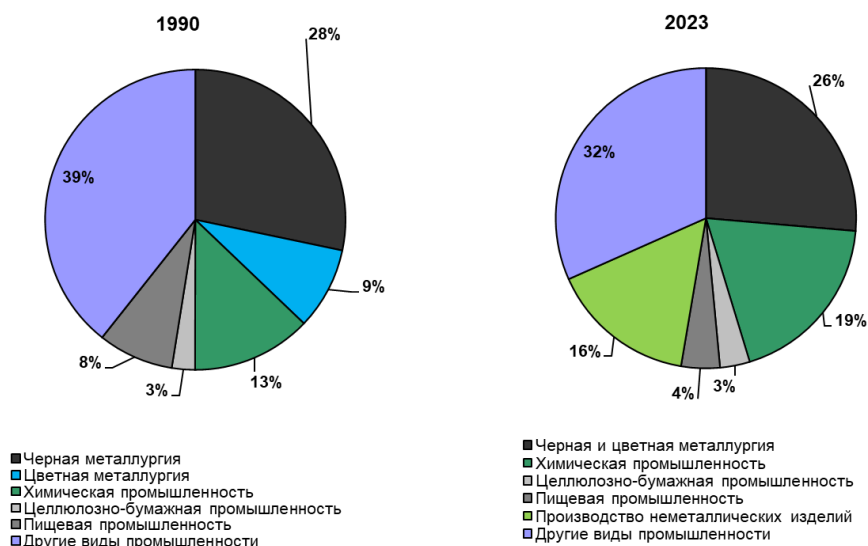


Рисунок 3.16 – Вклад различных промышленных производств в суммарный выброс CO_2 в категории «Промышленное производство и строительство» (1.A.2) в базовом году и последнем году, представленном в кадастре

По рекомендации группы экспертов РКИК ООН выбросы от сжигания топлива при производстве тепло- и электроэнергии на промышленных предприятиях для собственных нужд после 2005 г. перенесены в категорию «Промышленное производство» (1A2) из категории «Энергетическая промышленность» (1A1). Поскольку информация о потреблении топлива производителями тепла и электроэнергии для собственных нужд на промышленных предприятиях доступна только в целом для всей промышленности без разделения на подкатегории, то и выбросы, рассчитанные в целом для промышленного производства в отчетных таблицах ОТО, помещены в подкатегорию другие промышленные производства (1.A.2.g). В дальнейшем планируется перенести выбросы от производителей тепла и электроэнергии для собственных нужд на промышленных предприятиях в категорию «Промышленное производство» (1A2) для всего временного ряда. В остальные годы (1990-2004), в связи с изменением структуры ТЭБ, выбросы от производителей энергии для собственных нужд уже учтены в соответствующих отраслях промышленности.

Выбросы от использования кокса в черной металлургии учитываются в категории источников «Черная металлургия» сектора Промышленные процессы (2.C.1). Для того, чтобы избежать двойного учета весь кокс, отнесенный в национальной статистике к черной металлургии, в кадастре в категории 1.A.2.a рассматривается как накопленный углерод. В кадастре этого года был произведен перерасчет кокса, используемого в черной металлургии. Причины и методика перерасчета приведены в разделе 4.4. – Металлургия НДК. В связи с пересчетами в секторе Промышленные процессы, произведен перерасчет кокса, включенного в расчеты в энергетическом секторе. Начиная с 2012 г. в металлургическом производстве используется пылеугольное дутье, применение которого позволяет сократить расход кокса. Уголь, применяемый в процессе пылеугольного дутья, исключен из расчетов в секторе энергетика после 2012 г. Подробнее методика расчета описана в разделе 4.4 – Металлургия (2c).

Для исключения двойного учета, из расчетов в категории Черная металлургия (1.A.2.a) исключен природный газ, используемый в качестве восстановителя при производстве железа прямого восстановления. Соответствующие выбросы учтены в секторе «Промышленные процессы и использование продуктов» в категории «Железо прямого восстановления» (2.C.1.c). В настоящем кадастре в секторе Промышленные процессы произведен перерасчет объема природного газа, используемого для производства железа прямого восстановления, что привело к перерасчету объема природного газа, исключенного из расчета в секторе Энергетика. Кроме того, для исключения двойного счета в настоящем кадастре из расчетов в секторе Энер-

гетика за весь временной ряд исключен так же природный газ, используемый в доменном производстве, при производстве стали и при производстве агломератов. Подробнее причины и методика пересчета описаны в разделе 4.4 – Металлургия (2с).

Исходные данные

В таблице 3.17 приведено изменение объемов сжигаемого топлива в промышленности в процентах к 1990 году. Сжигание природного газа на промышленных производствах в последний отчетный год составляет 91,2% от уровня 1990 года. Использование твердого и жидкого топлива для энергетических целей на промышленных предприятиях в 2023 г. существенно сократилось по сравнению с предыдущим годом и составляет 48,5% от уровня 1990 года, а жидкого – 55,1%. По сравнению с прошлым годом уменьшилось и потребление всех видов топлива в сумме на 4%.

Таблица 3.17

Сжигание топлива в промышленности в % к 1990г.

| | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| Всего | 54,8 | 67,0 | 74,0 | 75,0 | 68,0 | 68,5 | 76,4 | 79,6 | 74,0 | 71,8 | 69,0 | 68,5 | 68,9 | 71,5 |
| Жидкое топливо | 18,1 | 33,7 | 33,2 | 28,1 | 43,6 | 47,4 | 71,9 | 70,4 | 44,0 | 44,5 | 47,8 | 54,7 | 52,6 | 55,1 |
| Твердое топливо | 86,7 | 110,8 | 118,7 | 113,8 | 67,6 | 78,1 | 77,2 | 81,6 | 79,2 | 72,3 | 57,2 | 50,4 | 47,0 | 48,5 |
| Газ | 57,9 | 60,3 | 72,4 | 81,7 | 87,4 | 77,4 | 81,2 | 83,7 | 86,7 | 85,3 | 87,9 | 82,3 | 87,7 | 91,2 |
| Другие топлива | 35,4 | 20,4 | 15,4 | 7,5 | 4,3 | 4,6 | 4,7 | 4,5 | 5,2 | 4,4 | 4,5 | 5,5 | 10,2 | 11,4 |
| Торф | 550,0 | 75,0 | 201,5 | 2527,9 | 317,9 | 334,9 | 370,6 | 676,6 | 858,5 | 0,0 | 22,1 | 353,7 | 343,5 | 380,9 |

Моторные топлива (бензин), используемые в промышленности для транспортных нужд, не включены в расчет выбросов от категории «Промышленное производство и строительство» и перенесены в категорию «Транспорт» (1.А.3).

В соответствии с рекомендацией группы экспертов РКИК ООН, начиная с представленного в 2012 году НДК (НДК, 2012), приводятся детализированные по видам объемы потребления топлива по подкатегориям источников. В таблице 3.18 приведены данные о потреблении топлива в подкатегории Промышленное производство (1.А.2).

Таблица 3.18

Расход топлива в категории 1А2 – Промышленное производство в последнем году, представленном в кадастре, ТДж

| | 1А2а | 1А2с | 1А2d | 1А2е | 1А2f | 1А2g |
|------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Дизельное топливо | 30626,88 | 6021,69 | 15583,29 | 17686,84 | 13428,74 | 5413,99 |
| Мазут | 8704,12 | 562,12 | 5761,73 | 2662,04 | 1015,83 | 847,19 |
| Сжиженный газ | 611,97 | 750,01 | 253,07 | 1417,20 | 704,00 | 556,76 |
| Антрацит | | 405,04 | 0,50 | 274,38 | 1438,13 | 4,79 |
| Коксующийся уголь | | 1697,01 | 2,08 | 1149,57 | 6025,36 | 20,07 |
| Каменный уголь | | 3309,17 | 4,05 | 2241,65 | 11749,45 | 39,14 |
| Бурый уголь | 117,16 | 502,56 | 1,54 | 60,12 | 628,96 | 15,42 |
| Торф | | 41,85 | | | | |
| Угольные брикеты | | 3,52 | | | | |
| Газ горючий искусственный коксовый | 84891,49 | 31202,22 | | | 915,45 | |
| Кокс металлургический сухой | 98881,20 | 522,26 | | 72,54 | 2178,99 | 568,68 |
| Природный газ | 245558,08 | 191633,00 | 25091,78 | 61760,47 | 369754,52 | 26292,42 |
| Прочие горючие отходы | 66232,25 | 80124,05 | 13285,14 | 5887,90 | 3774,82 | 8,79 |
| Всего¹⁾ | 536191,71 | 377576,04 | 60144,36 | 95570,33 | 411719,77 | 36407,87 |
| Биомасса | 694,61 | 67,82 | 5648,07 | 172,29 | 29,62 | 0,00 |

¹⁾ Сумма значений по столбцам не совпадает со значением «Всего», т.к. из детальной разбивки по видам топлива исключены значения, содержащие конфиденциальную информацию.

3.2.5.3 Транспорт (1.А.3)

3.2.5.3.1 – Обзор категории

К категории «Транспорт» отнесены выбросы парниковых газов, образующиеся при сжигании и испарении топлив всеми транспортными средствами, за исключением тех видов транспорта, которые определяются как мобильные источники в секторе «Сельское хозяйство, лесоводство и рыболовство» (1.А4.с) и других подсекторах (МГЭИК, 2006).

Суммарный выброс ПГ от сектора «Транспорт» в 2023 г. составил 245243,61 Гг CO₂-экв. (из них 99,0% приходится на выбросы CO₂). Эмиссия диоксида углерода при сжигании топлива транспортом определяет 14,8% суммарных выбросов при сжигании топлива. Изменение выбросов CO₂ от транспортного сектора за период с 1990 по 2023 гг. и относительный вклад жидкого и газообразного топлива представлен на рисунке 3.17.

В соответствии со структурой Кадастра (МГЭИК, 2006) к сектору транспорт относятся так же и выбросы от сжигания топлива на стационарных установках при обслуживании трубопроводного транспорта. За вычетом этой подкатегории суммарные выбросы от авиации, дорожного транспорта, водного и железнодорожного транспорта составили в 2023 году составили 209284,51 Гг CO₂-экв. или 14,0 % суммарных выбросов при сжигании топлива.

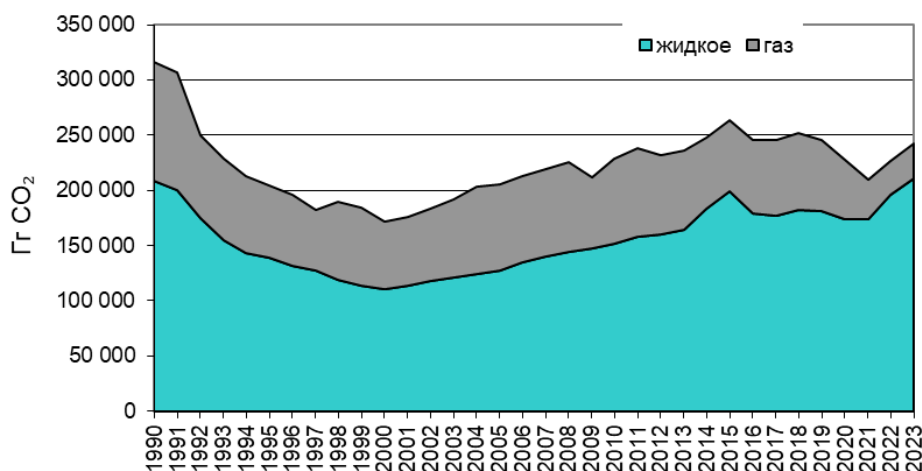


Рисунок 3.17 – Выбросы CO₂ от транспортного сектора, Гг

3.2.5.3.2 – Методологические вопросы

Выбросы ПГ от категории транспорт оценивались в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 2006) для национальной гражданской авиации (1.А3.а), дорожного транспорта (1.А3.б), железнодорожного транспорта (1.А3.с), водного транспорта, незадействованного в международных перевозках (1.А3.д), другие виды транспорта (трубопроводный транспорт) (1.А3.е). В категорию «Транспорт» включены выбросы только при сжигании моторного топлива, используемого различными видами транспорта. В российской национальной статистике к моторным топливам относятся только три вида топлив: автомобильный бензин, дизельное топливо и другие виды моторных топлив. Для расчета эмиссии ПГ некоторые другие топлива так же были отнесены к моторным (мазут и сжиженный газ): в подкатегориях водного и железнодорожного транспорта рассчитывались также выбросы при сжигании мазута, а в подкатегории дорожного транспорта – при сжигании сжиженного газа. Все остальные виды топлива и остаток неиспользованного топлива, который был распределен в категорию «Транспорт» в национальной статистике: уголь каменный, уголь бурый, нефть добытая, включая газовый конденсат, газ природный и попутный, кокс металлургический сухой, брикеты и полубрикеты, мазуты, газ сжиженный, при оценке выбросов парниковых газов,

рассматривались как стационарные выбросы и учитывались в категории «Коммерческое использование» (1.А.4.а).

Все топливо, отнесенное к водному транспорту, учитывается при проведении расчетов для внутренней навигации подкатегории «водный транспорт» (1.А.3.d).

Категория 1.А.3.e включает в себя эмиссию от сжигания топлива для деятельности трубопроводного транспорта. В список топлив, используемых непосредственно в качестве топлива в трубопроводном транспорте, попадают природный газ и сырая нефть. Коэффициенты эмиссии углерода, поправки на неполное окисление углерода и коэффициенты преобразования фактического выброса углерода в эмиссию диоксида углерода использовались в соответствии с методикой МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Основной вклад в выбросы CO₂ от сжигания топлива на транспорте вносят дорожный и трубопроводный транспорт (рис. 3.18).

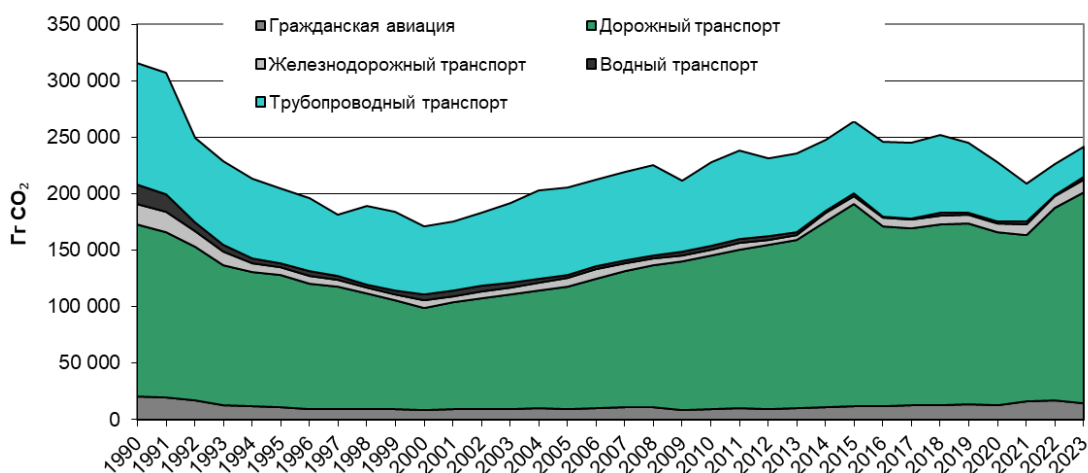


Рисунок 3.18 – Вклад различных видов транспорта в суммарный выброс CO₂ от категории «Транспорт» (1.А.3)

3.2.5.3.3 – Исходные данные.

В таблице 3.19 приведено изменение объемов сжигаемого топлива в транспортном секторе с 1991 по 2023 г. в процентах к 1990 г. В соответствии с рекомендацией группы экспертов РКИК ООН в настоящем докладе приводятся детализированные по видам объемы потребления топлива по подкатегориям источников (табл. 3.20).

Оценка потребления топлива воздушным транспортом производится расчетным путем по данным о налете самолето-часов Росавиации и удельных показателях расхода топлива судами различных категорий. Методика оценки потребления топлива авиационным транспортом подробно описана в разделах 3.2.5.3.4. «Выбросы от внутренней гражданской авиации» и 3.2 «Выбросы от международного бункерного топлива». Основным принципом при расчете выбросов ПГ от энергетического сектора является соблюдение баланса массы топлива, потребленного в экономике страны. Поэтому, полученные расчетным путем, сопоставляются с данными ТЭБ за соответствующий год. Разница в объемах авиационного топлива, используемого для расчета выбросов от авиации (и внутренней и международной) и полученного расчетным путем и всего объема топлива, которое может рассматриваться как авиационное в ТЭБ, относится в кадастре к категории 1.А.5 – Другие, не учтенные ранее источники.

Таблица 3.19

Сжигание топлива транспортом в % к 1990г.

| Вид транспорта | Вид топлива | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------------------|----------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Все виды транспорта | Всего | 64,6 | 54,6 | 65,9 | 72,3 | 76,9 | 81,4 | 76,6 | 76,6 | 78,6 | 76,1 | 70,2 | 63,2 | 67,3 | 72,0 |
| | Жидкое топливо | 66,7 | 53,1 | 61,3 | 73,2 | 88,9 | 96,1 | 86,7 | 85,7 | 88,1 | 88,0 | 84,2 | 84,2 | 94,9 | 101,7 |
| | Газ | 61,5 | 56,7 | 72,4 | 71,0 | 59,8 | 60,5 | 62,2 | 63,4 | 64,9 | 59,0 | 50,0 | 33,2 | 27,8 | 29,4 |
| Авиация | Всего | 54,1 | 41,3 | 46,8 | 45,0 | 55,0 | 57,5 | 56,8 | 60,7 | 63,5 | 67,9 | 61,1 | 79,6 | 84,2 | 71,9 |
| Дорожный транспорт | Всего | 76,8 | 59,4 | 71,4 | 90,0 | 108,5 | 117,9 | 105,7 | 103,6 | 105,7 | 105,8 | 101,7 | 97,9 | 113,1 | 124,0 |
| Железнодорожный транспорт | Всего | 36,1 | 35,1 | 37,1 | 25,6 | 39,6 | 39,6 | 39,2 | 41,8 | 43,3 | 45,1 | 44,8 | 50,1 | 51,5 | 57,8 |
| Водный транспорт | Всего | 22,8 | 30,0 | 19,7 | 19,0 | 13,0 | 12,0 | 7,9 | 8,0 | 14,9 | 8,9 | 8,8 | 18,2 | 9,6 | 18,5 |
| Др. виды транспорта (труб. транспорт) | Всего | 61,4 | 56,6 | 71,5 | 69,3 | 58,6 | 59,4 | 61,1 | 62,4 | 63,7 | 57,4 | 48,3 | 31,0 | 25,1 | 24,9 |

Таблица 3.20

Расход топлива в категории Транспорт (1.А.3) последнем году, представленном в кадастре

| Топливо ¹⁾ | Расход, ТДж |
|-----------------------------------|-------------------|
| Гражданская авиация | |
| Авиационный керосин ²⁾ | 199207,00 |
| Дорожный транспорт | |
| Автомобильный бензин | 1563378,40 |
| Дизельное топливо | 880487,79 |
| Сжиженный газ | 46666,32 |
| Другие моторные топлива | 12669,68 |
| Газ компримированный | 88409,63 |
| Всего | 2591611,81 |
| Железнодорожный транспорт | |
| Дизельное топливо | 145085,66 |
| Мазут | 168,64 |
| Другие моторные топлива | 55,68 |
| Всего | 145309,98 |
| Водный транспорт | |
| Дизельное топливо | 11048,97 |
| Мазут | 9636,34 |
| Другие моторные топлива | 20395,16 |
| Всего | 41080,46 |
| Трубопроводный транспорт | |
| Природный газ | 493082,69 |
| Всего | 493254,52 |

¹⁾ Сумма значений по столбцам не совпадает со значением «Всего», т.к. из детальной разбивки по видам топлива исключены значения, содержащие конфиденциальную информацию

²⁾ Расход топлива гражданской авиацией рассчитан по данным о налете и удельном расходе топлива.

В 2021 и 2022 годах количество дизельного топлива, используемого железнодорожным транспортом, уточнено в соответствии с отраслевой информацией, предоставленной Минтранс РФ.

3.2.5.3.4 – Выбросы от внутренней гражданской авиации.

В 2023 году общая эмиссия CO₂, CH₄ и N₂O от сжигания топлива во внутренней гражданской авиации составила 14,7 млн т CO₂-экв., что на 28% ниже, чем в 1990 году. В компонентном составе выбросов преобладает CO₂, на долю которого в 2023 году приходилось 99,1% суммарного выброса. Эмиссии CH₄ и N₂O в 2023 году составили 0,01% и 0,89% соответственно.

Методологические вопросы

Расчет выбросов ПГ производился на основе информации об общей массе авиационного топлива, использованного при грузовых и пассажирских авиаперевозках, выполненных в пределах территории РФ. Величина общей массы использованного топлива была получена расчетным путем по данным о налете самолето-часов Росавиации.

Для определения массы топлива, использованного российскими авиакомпаниями для осуществления авиационных перевозок внутри страны, использовали данные по налету основных типов эксплуатируемых грузовых и пассажирских воздушных судов. Расчеты выполняли по формуле 3.1 (Грабар и др., 2011), приведенной в разделе 3.2.2.2 «Авиационное бункерное топливо».

Сведения о ежегодном налете по отдельным типам пассажирских и грузовых воздушных судов FT_x(t) с 2000 по 2023 гг. были предоставлены Росавиацией в рамках информационного обеспечения российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ. Они включали рейсы, выполненные российскими перевозчиками по воздушным трассам в пределах территории РФ. По данным Росавиации, иностранные авиаперевозчики не выполняют полеты внутри России. Данные по среднему часовому расходу топлива были предоставлены ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации. Средний часовой расход топлива включает фазы взлета и посадки и крейсерского полета.

Данные по суммарному налету во внутреннем сообщении представлены на рисунке 3.19.

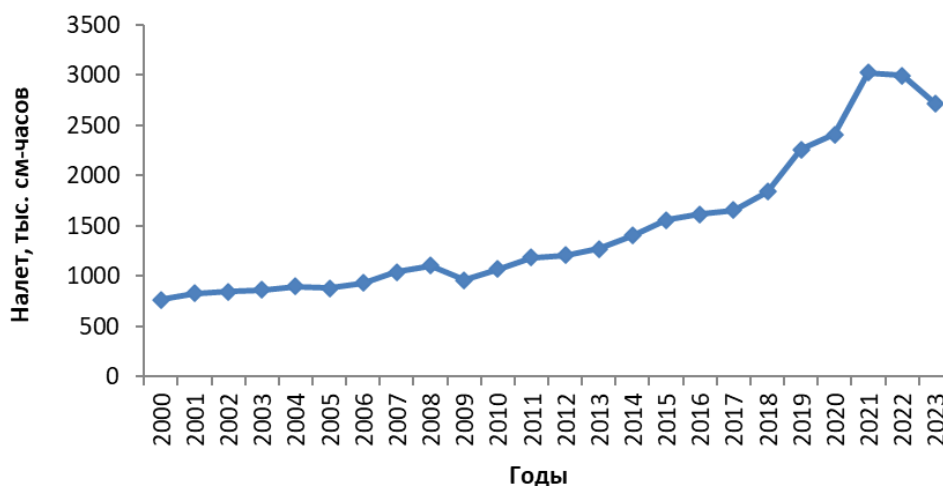


Рисунок 3.19 – Суммарный налет воздушными судами во внутреннем сообщении

С 2000 по 2021 г. наблюдался рост налета самолето-часов во внутреннем сообщении (рис. 3.19). Несмотря на рост объемов авиаперевозок, обновление парка самолетов способствовало снижению топливопотребления в расчете на единицу авиатранспортной работы. В 2021 году

объёмы пассажиропотока на внутренних линиях не только полностью восстановились до уровня допандемийного 2019 года, но и превысили его. По данным Минтранса в 2021 году на внутренних воздушных линиях было перевезено более 87,5 млн пассажиров, что почти на 56% больше, чем в 2020 году, и на 20% превышает показатель 2019 года. Таким образом, Россия стала мировым лидером по темпам восстановления пассажирских авиаперевозок внутри страны после пандемии коронавируса. В 2023 году налёт во внутреннем сообщении уменьшился на 10,2% по сравнению с 2021 годом.

Анализ долевого участия воздушных судов иностранного и российского производства в общем объеме внутренних перевозок показал, что с 1990 по 2005 гг. их соотношение практически не менялось. В среднем за указанный период процент использования судов российского и иностранного производства во внутреннем сообщении составил 96% и 4% соответственно. Поэтому, потребление топлива с 1990 по 1999 гг. определяли экстраполяцией на основе данных о внутреннем пассажирообороте с 1990 по 2005 г. (рис. 3.20) и потреблении топлива за 2000-2005 гг., когда структура парка воздушных судов оставалась постоянной.

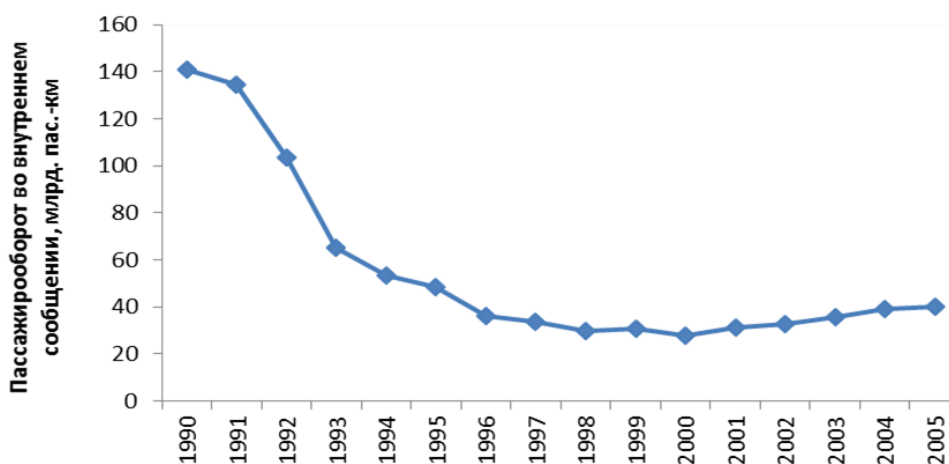


Рисунок 3.20 – Пассажирооборот во внутреннем сообщении

Расчет выбросов ПГ от топлива, использованного российскими авиакомпаниями для перелетов в пределах территории РФ, выполняли по формуле 3.2 (МГЭИК, 2006), приведенной в разделе 3.2.2.2 «Авиационное бункерное топливо». Формула 3.2 соответствует уровню 1b МГЭИК (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006), поскольку в расчете используются национальные данные, конверсионные коэффициенты и коэффициенты эмиссии CO_2 . Было принято, что все используемое авиакомпаниями топливо является авиационным керосином. Пересчет тонн авиационного керосина в тепловой эквивалент производился при помощи коэффициента пересчета, равного $1,47 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$ и коэффициента пересчета в теплотворную способность, равного $0,0293 \text{ ТДж} \cdot \text{т.у.т.}^{-1}$ (Методологические положения, 1999). Используемые в расчетах коэффициенты эмиссии приведены в таблицах 3.3 и 3.4 в разделе 3.2.2.2 «Авиационное бункерное топливо». Для расчета выбросов диоксида углерода были использованы национальные коэффициенты эмиссии, коэффициенты эмиссии CH_4 и N_2O взяты из руководства МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Выбросы газов с косвенным парниковым эффектом (NO_x , CO и NMVOC) рассчитывали по данным о потреблении топлива по методу уровня 1 и рекомендуемым МГЭИК величинам коэффициентов эмиссии: $250 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для NO_x , $100 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для CO, $50 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для NMVOC (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006).

Эмиссии диоксида углерода, метана и оксида азота от национальной гражданской авиации

Расчетные значения выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O от национальной гражданской авиации представлены на рисунках 3.21 и 3.22 соответственно. Наименьшая величина эмиссии CO_2

наблюдалась в 2000 г., что объясняется сокращением объема внутренних перевозок, а наибольшая – в 1990 году. В 2023 году эмиссия CO_2 составила 14,6 млн. т., что на 28,1% ниже уровня 1990 (рис. 3.21). Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд CO_2 , а величины их эмиссии в 2023 году составили 100 т и 398 т соответственно (рис. 3.22). Тренд выбросов от внутренней гражданской авиации с 1990 по 2000 гг. обусловлен сокращением деятельности воздушного транспорта в связи с рецессией экономики. Несмотря на рост авиаперевозок с 2001 по 2008 гг. (рис. 3.20), существенного увеличения выбросов ПГ не наблюдалось, что обусловлено повышением топливной эффективности на воздушном транспорте за счет обновления парка воздушных судов. В 2009 – 2013 гг. выбросы ПГ от внутренней гражданской авиации были ниже уровня 2008 года, что связано с последствиями экономического кризиса (рис. 3.21 и 3.22). В 2014-2016 гг. выбросы ПГ увеличивались, что обусловлено ростом внутренних авиаперевозок в связи с проведением зимней Олимпиады в Сочи в 2014 году, а также переориентацией населения на внутренний туризм, в связи с девальвацией рубля, а также геополитической конъюнктурой – введением запрета полетов на популярные направления путешествий (Турция и Египет). Также, одной из причин, способствовавших росту объемов внутренних перелетов, а, следовательно, и выбросов, стало появление лоукостера «Победа». В 2019 г. потребление топлива при осуществлении внутренних перелетов выросло, что повлекло увеличение выбросов ПГ на 7% относительно уровня 2018 г. В 2020 г. выбросы ПГ сократились на 10% относительно уровня 2019 г. на фоне распространения коронавируса, однако в 2021 и 2022 гг., по мере восстановления внутренних авиаперевозок, они снова начали расти. В 2023 г. выбросы парниковых газов уменьшились относительно 2022 г. и составили 14,7 млн. т CO_2 -экв.

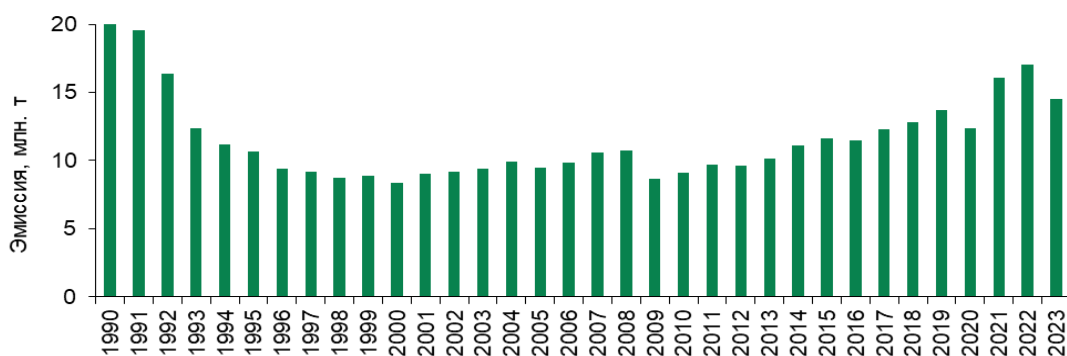


Рисунок 3.21 – Динамика эмиссии CO_2 от внутренней гражданской авиации

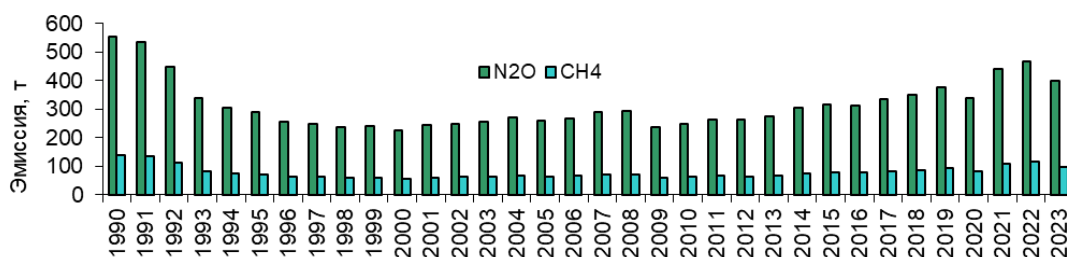


Рисунок 3.22 – Динамика эмиссии CH_4 и N_2O от внутренней гражданской авиации

Оценка неопределенности и согласованность временных рядов

Точность расчетов определяется точностью исходных данных и поправочных коэффициентов. Количественные характеристики воздушного движения собирались за каждые сутки отдельно для внутренней авиации. Поэтому неопределенность данных о деятельности довольно низка и, по экспертной оценке ФГБУ "ИГКЭ", составляет $\pm 7\%$. Неопределенность национальных коэффициентов эмиссии CO_2 для авиационного керосина не превышает 0,16%.

Как указывается в Руководящих указаниях МГЭИК по эффективной практике, неопределенность коэффициентов выбросов CH_4 для уровня 1 может быть от -57% до $+100\%$. Неопределенность коэффициента выбросов N_2O может составлять от -76% до $+150\%$ (МГЭИК, 2006). Согласованность временных рядов потребления топлива достигалась экстраполяцией по известным данным на основе динамики внутреннего пассажирооборота.

Обеспечение и контроль качества

Контроль качества осуществлялся специалистами федеральных министерств и ведомств. Большой объем работы по проверке исходных данных проведен специалистами Росстата. Специалисты Минтранса осуществили независимую проверку исходных данных о деятельности морского и авиационного транспорта. Независимый расчет выбросов парниковых газов был выполнен специалистами Росгидромета. В 2012 году сотрудниками Центрального института авиационного моторостроения им. Баранова были проанализированы расчеты выбросов ПГ от внутренних авиационных перевозок. Было подтверждено, что использованные в кадастре данные об авиационной деятельности и коэффициенты эмиссии верны, а расчеты выполнены корректно. Согласно методологии МГЭИК, проверка расчетов выбросов ПГ от авиационных перевозок независимыми экспертами является процедурой контроля качества кадастра по уровню 2.

Перерасчеты и изменения, сделанные в ответ на проверки результатов инвентаризации выбросов

В 2024 г. в связи с уточнением исходных данных, а также использованием новых значений потенциалов глобального потепления и национальных коэффициентов эмиссии CO_2 , был выполнен перерасчет выбросов ПГ за весь временной ряд от деятельности воздушного транспорта во внутреннем сообщении.

В 2025 г. в связи с уточнением национальных коэффициентов эмиссии CO_2 был выполнен перерасчет выбросов диоксида углерода от внутренних авиаперевозок в 2022 г.

3.2.5.3.5 – Выбросы от дорожного транспорта

В Национальном кадастре для оценки выбросов ПГ по восходящему подходу (метод уровня 3 согласно (МГЭИК, 2006)) от дорожного транспорта используется общепризнанная компьютерная модель/программа COPERT (до настоящего времени использовалась версия COPERT 4 v.11.3). Программа COPERT основана в том числе на методике Европейского агентства по охране окружающей среды, рекомендуемая для использования на национальном уровне для инвентаризации выбросов ПГ от автодорожного транспорта. В качестве входных показателей для COPERT используется большой набор данных, характеризующих конструкцию отдельных марок, моделей, групп АТС, а также условий их эксплуатации. Значительное количество входных показателей до настоящего времени экспертами кадастра принималось по умолчанию или с использованием допущений.

В этой связи организация национальной системы учёта выбросов ПГ дорожным транспортом сдерживается из-за отсутствия требуемой детализации и значительного уровня неопределённости данных о деятельности автомобильного и внедорожного транспорта, которые относятся к ключевым категориям, вносящим существенный вклад в общую неопределённость расчётной оценки выбросов ПГ в Национальном кадастре.

Для решения данной проблемы в 2023-2024 годах в рамках проекта ВИП ГЗ²¹ профильными экспертами транспортного комплекса была разработана специализированная Транспортная модель²², учитывающая все аспекты расчетного мониторинга выбросов от автотранспорта.

²¹ Важнейший инновационный проект государственного значения, Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2022 г. №3240-р «Об утверждении инновационного проекта «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

²² Работа проведена в рамках договора на выполнение научно-исследовательской работы по теме «Актуализация распределения автомобильного парка России по видам топлива и экологическим классам,

В рамках данной работы было выполнено увеличение детализации расчётных модельных групп (типов) АТС по следующим основным конструкционным и эксплуатационным показателям, используемым при оценке валовых выбросов ПГ автомобильным транспортом в COPERT 5: тип, численность АТС; возраст АТС; экологический класс АТС; вид используемого топлива (энергии); объём топливопотребления, удельный расход топлива, коэффициенты эмиссии; среднегодовой пробег АТС. Были проанализированы и выявлены особенности баз данных Росстата, ГИБДД МВД России (форма 1-БДД), Минтранса России, Автостата, а также используемых в программе COPERT 5.

Подготовлена реляционная база данных (БД) с характеристиками всех АТС, находящихся в автомобильном парке Российской Федерации во временном интервале 2010-2022 гг., на основе которой разработана усовершенствованная методика распределения автомобильного парка России по видам топлива и экологическим классам, формирующих 206 расчетных модельных групп, которые затем используются в качестве входных данных расчетной программы COPERT 5 для оценки выбросов парниковых газов. Такой уровень кластеризации обеспечивает, с одной стороны, приемлемый уровень неопределённости результатов оценки выбросов ПГ, а с другой – приемлемую трудоёмкость сбора и подготовки исходных данных.

Выполненная работа охватывала весь временной период с 1990-2022 гг., однако внедрение результатов выполнено частично (только для периода 2010-2022 гг.). Также в Транспортную модель был продлен ряд и добавлен 2023 год. Внедрение результатов выполнено частично, так как Транспортная модель учитывает также статистические данные по потреблению моторного топлива парком транспортных средств. На данный момент существует невязка показателей по потреблению топлива с данными Топливо-энергетического баланса. В транспортную модель был также включен внедорожный транспорт, который в дальнейшем предполагается внедрить в Национальный кадастр. Предварительно, необходимо провести тестовые расчеты и согласовать общее изменение выбросов с учетом данных топливного баланса, что потребует обсуждения с представителями Росстата. С учетом всех описанных особенностей и сведения потребления топлива автотранспортом, внедорожным транспортом и категориями стационарного сжигания, верификация²³ исходных данных (корректировка среднегодовых пробегов) проводилась на основе данных о расходе топлива, используемых в прошлогоднем Национальном кадастре (НДК, 2024).

Так как в результате проведенных работ была уточнена структура автомобильного парка и автомобили, использующие сжиженный нефтяной газ в качестве моторного топлива были выделены в отдельные модельные группы, был усовершенствован подход до уровня 3 МГЭИК (ранее использовался уровень 1 МГЭИК).

Также ранее в категории 1.А.3.б «Дорожный транспорт» не учитывались выбросы от потребления сжатого природного газа (КПГ) автотранспортом, т.к. потребление КПГ не выделяется в топливно-энергетическом балансе России. С учетом применения Транспортной модели по восходящему подходу были оценены выбросы парниковых газов от автотранспорта и рассчитано потребление топлива по группам транспортных средств в период с 1990-2023 гг., что соответствует подходу уровня 3 МГЭИК.

Для 1990-2009 гг. выбросы по категориям транспортных средств (1.А.3.б. i. Легковые автомобили, 1.А.3.б. ii. Легковые грузовые автомобили, 1.А.3.б.iii. Тяжелые автомобили, 1.А.3.б. iv. Мотоциклы) остались неизменными, как и применяемые методические подходы (см. НДК, 2024), за исключением добавления выбросов от сжигания КПГ.

Результаты проведенной работы по актуализации автомобильного парка и разработанной Транспортной модели приведены в итоговом отчете ВИП ГЗ за 2024 год в части «Осуществление технического перевооружения, цифровизации и актуализации Национального кадастра,

определения расхода топлива, средневзвешенных пробегов автотранспортных средств разных классов для автопарка Российской Федерации» специалистами ООО «Центр транспортных инноваций».

²³ Здесь и далее термин «верификация» означает контроль качества данных, в том числе путем сопоставления данных, полученных из разных независимых источников, как элемент процедуры контроля качества кадастра, описанной в (МГЭИК, 2006), том 1.

совершенствование сбора исходных данных» (Отчет ..., 2024) и в публикациях Лытов и др., 2024 и Trofimenko et al., 2023.

Исходные данные

Эмиссии ПГ от автомобилей в программе COPERT рассчитываются с учетом численности парка АТС разных типов, структуры парка по экологическому классу, среднегодовых пробегов, средней скорости движения, объема двигателя, вида топлива.

Перечень исходных данных, подходы и методы определения входных данных для программы COPERT в период 1990-2009 отражены в предыдущем Национальном докладе (НДК, 2024).

Для 2010-2023 гг. в рамках разработанной Транспортной модели была выполнена работа по увеличению детализации расчетных модельных групп (типов) автотранспортных средств (АТС) по основным конструкционным и эксплуатационным показателям. Проанализированы базы данных Росстата, ГИБДД МВД России, Минтранса России, Автостата. Были также учтены и обновлены национальные условия, учитывающиеся в модели COPERT, среди которых:

- природно-климатические факторы (средневзвешенные с учётом численности автомобильного парка в регионах значения минимальной и максимальной средних температур (погода и климат), относительной влажности воздуха ежемесячно для территории Российской Федерации);
- распределение пробегов транспортных средств по дорогам разных категорий (доля годового пробега в режимах движения АТС – городской пиковый, городской внепиковый, пригородный, магистральный). При определении данного показателя использованы данные Росстата (формы 1-ДГ, 3-ДГ (мо), ГК «Автодор», 1-ТР (автотранспорт), данные Росгосстраха, сервиса «Автокод», «Лаборатории умного вождения» (Карпенко, 2019);
- распределение кумулятивного пробега, среднесуточная интенсивность движения на автомобильных дорогах разных категорий для всех типов АТС;
- среднегодовые скорости АТС на автомобильных дорогах разных категорий;
- средняя дальность поездки автомобилей разных типов установлена с использованием данных «Лаборатории умного вождения» (Карпенко, 2019).

Распределение автопарка по модельным группам осуществлялось на основании баз данных ГИБДД и агентства «Автостат» по двум направлениям:

- установление (уточнение) корреляционных зависимостей между показателями и характеристиками отдельных марок, моделей, групп, типов АТС, уточнение значений других показателей, используемых в COPERT, выявление достоверных трендов отдельных показателей во времени;
- разработка алгоритма и методов корректировки сведений при включении их в реляционную базу данных по всем одиночным АТС, находившимся в автомобильном парке в период с 2010 по 2022 гг. и выполнения их кластеризации в расчётные модельные группы COPERT.

С учетом представленной усовершенствованной методики распределения автотранспортного парка России, была разработана начальная версия программного продукта «Транспортная модель», которая включает в себя модуль «Автомобильный транспорт».

Данный модуль состоит из взаимосвязанных файлов Excel с соответствующими наборами входных данных, которые импортируются в расчетную модель COPERT. Это позволяет автоматизировать процесс сбора исходных данных, гибко настраивать расчетные параметры и обрабатывать полученные результаты расчетов выбросов насколько это максимально возможно при использовании стороннего программного обеспечения.

Схема построения модуля «Автомобильный транспорт» представлен на рисунке 3.23. В таблице 3.21 приведен список основных показателей, влияющих на результаты расчетной оценки выбросов ПГ дорожным транспортом, с использованием программы COPERT, принимаемых ранее в предыдущем Национальном кадастре (НДК, 2024) и с учетом разработанной Транспортной модели в текущем Национальном кадастре. В таблице 3.22 приведены сведения о количестве зарегистрированных транспортных средств с разделением на категории и используемых топлив, полученные по Транспортной модели в период с 2013-2023 гг.

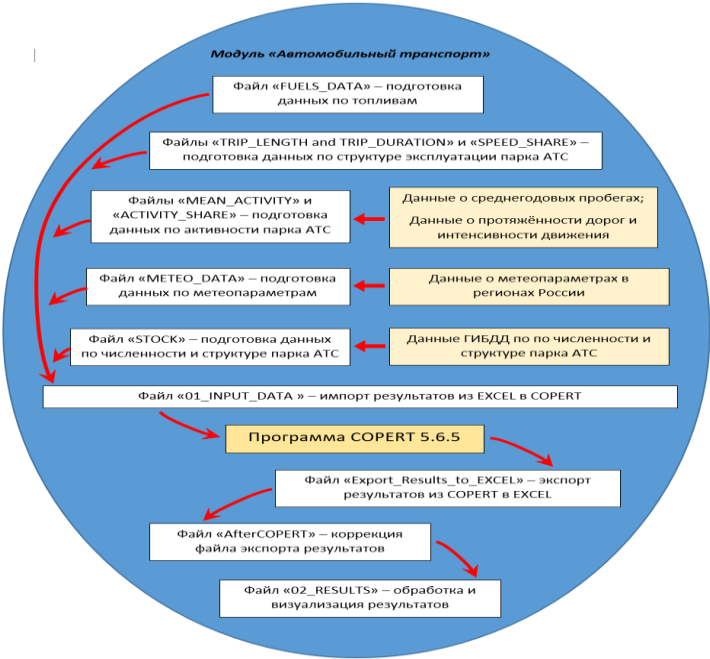


Рисунок 3.23 – Схема модуля «Автомобильный транспорт»

Таблица 3.21

Список основных показателей и их детализация при инвентаризации выбросов ранее в Национальном кадастре (2024) и в текущей версии Национального кадастра (2025)

| Показатель | Национальный кадастр, 2024 | Национальный кадастр, 2025 |
|-----------------------------------|---|---|
| Общие сведения | Используемый вариант программы расчета ПГ COPERT – 4 | Используемый вариант программы расчета ПГ COPERT - 5 |
| Тип, численность АТС, число групп | Число групп АТС по типу по классификации ГИБДД - 6 (М1-3, N1-3). Все АТС группы М1 имеют объём двигателя 1,4...2,0 л, автобусы класса М2 относятся к малым автобусам городским по классификации COPERT, АТС категории М3 распределялись в равной пропорции между средними и малыми; численность АТС М1, не имеющих полиса ОСАГО, составляет 20 %, остальных категорий АТС – 15 %. | Число групп АТС по типу по классификации COPERT – 206 установлена при использовании реляционной базы данных с характеристиками отдельных АТС в парке за период 2010-2022 гг без привлечения экспертных оценок |
| Возраст АТС | Возраст отдельных групп и моделей АТС не учитывается. | Численность АТС в 206 расчетных группах полностью распределена по сроку службы и возрасту в каждом году за период 2010-2022 гг |

Продолжение таблицы 3.21

| Показатель | Национальный кадастр, 2024 | Национальный кадастр, 2025 |
|-----------------------------|--|--|
| Экологический класс АТС | Численность АТС групп М1-М3, N1-N3 с распределением по экологическим классам формируется с учётом даты ввода в РФ экологических стандартов, данных статистики продаж легковых АТС и экспертных оценок. Количество АТС вычитается из количества автомобилей, относящихся к классам Евро 0-2 в следующей пропорции: 70% - Евро 0, 20% - Евро 1, 10% - Евро 2; для дизельных АТС М1 пропорция: 36% - Евро 0, 30% - Евро 1, 34% Евро 2 | Численность АТС в 206 расчетных группах полностью распределена по экологическим классам в каждом году за период 2010-2022 гг |
| Вид топлива | Учитывается: - бензин; - дизельное топливо; - природный газ (КПГ) – только по данным ТЭБ. Не учитывалось: - Сжиженный углеводородный газ (СУГ) | Учитывается: - бензин; - дизельное топливо; - природный газ (КПГ); - сжиженный углеводородный газ (СУГ). |
| Топливопотребление | Бензин - данные ТЭБ; Дизтопливо – используется по данным восходящего подхода; СУГ – данные ТЭБ; КПГ – не учитывалось. | Бензин – данные ТЭБ; Дизтопливо – данные ТЭБ; КПГ – восходящие оценки; СУГ – данные ТЭБ |
| Удельный расход топлива АТС | Удельный расход топлива АТС (на единицу пробега), характеристики разных видов топлива соответствуют значениям удельного расхода ТС и характеристикам топлива в странах ЕС на 2009 г. (программа COPERT по умолчанию). | Сохранено как в Национальном докладе о кадастре (программа COPERT по умолчанию), но учтено для всех группах АТС по типу в 206 расчетных группах. При этом численность групп АТС, отсутствующих в БД COPERT (бензиновые грузовики и автобусы) была перераспределена в группы, близкие по удельному расходу топлива. |
| Среднегодовой пробег | Для верификации данных о среднегодовых пробегах АТС используется референтная модель оценки баланса потребляемого топлива (бензина, дизельного) по результатам расчёта потребления топлива парком АТС по COPERT и данных статистики о реализации нефтепродуктов (ТЭБ). Исходные значения пробегов АТС взяты из данных COPERT по умолчанию. | Установлен для АТС по типу для 206 расчетных групп на основании анализа открытых БД с объявлениями о кумулятивном пробеге при продаже АТС 11 типов для возрастных подгрупп от 5 до 20 лет с учетом введенного «коэффициента активности парка АТС» для каждой группы. Значения годовых пробегов АТС в группах отличаются от принимаемых в COPERT по умолчанию. |
| Дополнительные показатели | Дополнительные показатели – как в COPERT (по умолчанию). | Среднегодовые интенсивности движения, пробеги разных типов АТС на разных типах дорог, длина поездки установлены на основании данных Росстата (формы 1-ДГ, 3-ДГ, 1-ТР), результатов опросов водителей. Остальные показатели – как в COPERT по умолчанию. Средневзвешенные значений температур в целом для территории России установлены с учетом доли парка в отдельных регионах. |

Таблица 3.22

Сведения о количестве зарегистрированных транспортных средств с разделением на категории и виды используемых топлив, полученные по Транспортной модели в период с 2013-2023 гг., шт.

| Категория ТС – основное топливо | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Легк. авто (M1) | 41 389 192 | 43 581 119 | 44 380 585 | 44 912 819 | 46 451 439 | 48 839 303 | 48 755 450 | 49 115 262 | 49 956 339 | 50 496 399 | 51 845 179 |
| КПГ | 56 722 | 55 958 | 55 194 | 62 803 | 68 757 | 87 185 | 118 830 | 142 475 | 179 673 | 227 740 | 281 804 |
| Электрич. | 32 | 39 | 157 | 246 | 244 | 1 301 | 2 898 | 7 875 | 14 355 | 22 842 | 40 455 |
| Дизель | 1 673 034 | 1 868 812 | 1 974 179 | 2 048 166 | 2 220 104 | 2 362 546 | 2 447 267 | 2 563 925 | 2 695 969 | 2 754 225 | 2 852 216 |
| Бензин | 38 702 735 | 40 659 616 | 41 307 860 | 41 754 747 | 43 010 798 | 45 031 874 | 44 637 680 | 44 712 256 | 45 370 899 | 45 849 083 | 47 046 390 |
| СУГ | 956 669 | 996 694 | 1 043 195 | 1 046 857 | 1 151 536 | 1 356 397 | 1 548 775 | 1 688 731 | 1 695 443 | 1 642 509 | 1 624 314 |
| Легк. комм. транспорт (N1) | 2 353 284 | 2 438 206 | 2 579 331 | 2 552 266 | 2 663 414 | 2 657 759 | 2 668 052 | 2 662 863 | 2 755 357 | 2 812 255 | 2 802 159 |
| Дизель | 592 635 | 632 306 | 673 940 | 672 603 | 706 139 | 715 899 | 747 833 | 777 543 | 812 546 | 858 893 | 812 161 |
| Бензин | 1 760 649 | 1 805 900 | 1 905 391 | 1 879 663 | 1 957 275 | 1 941 860 | 1 920 219 | 1 885 320 | 1 942 811 | 1 953 362 | 1 989 998 |
| Тяж. груз. авто-мобили (N2, N3) | 3 974 304 | 4 103 444 | 3 973 925 | 3 977 385 | 4 086 036 | 4 135 338 | 4 107 758 | 4 099 815 | 4 112 062 | 4 092 503 | 4 140 318 |
| Дизель | 2 651 141 | 2 784 343 | 2 769 888 | 2 822 178 | 2 981 827 | 3 074 931 | 3 068 223 | 3 095 199 | 3 154 065 | 3 172 634 | 3 247 762 |
| Бензин | 1 323 163 | 1 319 101 | 1 204 037 | 1 155 207 | 1 104 209 | 1 060 407 | 1 039 535 | 1 004 616 | 957 997 | 919 869 | 892 556 |
| Автобусы (M2, M3) | 423 138 | 410 735 | 396 918 | 389 175 | 391 640 | 362 608 | 367 448 | 351 674 | 354 788 | 361 458 | 397 401 |
| КПГ | 27 034 | 26 670 | 26 306 | 24 597 | 23 843 | 27 815 | 35 670 | 40 825 | 49 627 | 62 760 | 108 464 |
| Дизель | 396 104 | 384 065 | 370 612 | 364 578 | 367 797 | 334 793 | 331 778 | 310 849 | 305 161 | 298 698 | 288 937 |
| Мотоциклы (L-катег.) | 2 484 550 | 2 370 707 | 2 256 864 | 2 237 218 | 2 305 761 | 2 320 031 | 2 298 426 | 2 320 072 | 2 330 724 | 2 327 724 | 2 310 235 |
| Бензин | 2 484 550 | 2 370 707 | 2 256 864 | 2 237 218 | 2 305 761 | 2 320 031 | 2 298 426 | 2 320 072 | 2 330 724 | 2 327 724 | 2 310 235 |
| ИТОГО | 50 624 468 | 52 904 211 | 53 587 623 | 54 068 863 | 55 898 290 | 58 315 039 | 58 197 134 | 58 549 686 | 59 509 270 | 60 090 339 | 61 495 292 |

Ранее, для 2013-2022 гг. верификация результатов расчетных (модельных) оценок заключалась в корректировке среднегодовых пробегов (Максимова, 2020). для соответствия данных топливной статистике (ТЭБ). Незначительная разница в потреблении была связана с погрешностью, применяемой ранее в модели, в том числе из-за округления. Таким образом, недостающие или лишние объемы дизельного топлива перемещались в категорию «Другие, не учтенные ранее источники» (1.А.5). Для периода 1990-2012 гг. (с промежуточными годами, посчитанными при помощи линейной интерполяции) методика перераспределения дизельного топлива и бензина между категориями подробно расписана в предыдущей версии Национального доклада (НДК, 2024).

В текущей версии Национального кадастра сведения топлива в Транспортной модели за весь временной период 1990-2022 гг. не осуществлялось с данными ТЭБ, а соотносились с итоговыми прошлогодними значениями в категории 1.А.3.b «Дорожный транспорт».

Оценка выбросов CO₂.

Расчет выбросов диоксида углерода выполнялся с использованием уровня 2 МГЭИК только на основании расчетных данных о потреблении топлива, с учетом предположения, что весь содержащийся в топливе углерод полностью окисляется до CO₂.

Расходы бензина и дизельного топлива определялись для каждого года сопоставлением данных статистики и результатов расчетов по программе COPERT 5 с применением методики, описанной в предыдущем разделе. Выбросы CO₂ определялись на основе оцененных данных о расходе бензина, дизельного топлива, сжиженного нефтяного газа, компримированного природного газа и других видов мобильных топлив и с применением соответствующих коэффициентов выбросов CO₂.

Для автомобильного бензина и дизельного топлива в 2023-2024 гг. были разработаны национальные коэффициенты выбросов, основанные на применении расчетной модели предсказания компонентного состава жидких топлив. Обновленные коэффициенты были использованы для расчета всего временного ряда выбросов 1990-2023 гг. Результат оценки расчетных и экспериментальных данных показал, что небольшое расхождение между ними не выходит за пределы интервала неопределенности. Более подробное описание проведенного исследования включено в приложение 4.4. части 2 предыдущего Кадастра (НДК, 2024).

Для сжиженного нефтяного газа и других видов мобильных топлив использовались приведенных по умолчанию в Руководящих принципах МГЭИК (МГЭИК, 2006) коэффициенты выбросов CO₂. Для компримированного природного газа использовался национальный коэффициент выбросов, который соответствует сжиганию природного газа (подробнее см. раздел 3.2.4.2 Методологические вопросы).

В таблице 3.23 представлены приведенные выбросы CO₂ по категориям транспортных средств для 1990, 2000, 2005, 2010, 2013-2023 гг. Так как сведения потребление топлива соотносилось с итоговыми прошлогодними значениями, суммарные выбросы CO₂ для категории 1.А.3.b «Дорожный транспорт» не изменились относительно предыдущих лет. Исключение составляет только компримированный природный газ, сжигание которого ранее не учитывалось в категории. Внедрение Транспортной модели и актуализация структуры парка привело к перераспределению выбросов CO₂ внутри подкатегорий 1.А.3.bi - 1.А.3.biv, однако суммарные выбросы остались одинаковыми (за исключением потребления КПП).

Как видно, выбросы CO₂ сокращались с 1990 по 2000 гг., затем до 2018 года кратно росли в связи с ростом автомобилизации в Российской Федерации. С 2018 по 2021 гг. выбросы сократились на 7%, однако в 2023 году рост выбросов относительно 2021 года составил 26,7%, что может быть выражено увеличенной мобильностью после эпидемии Covid-19. Выбросы в 2023 году также на 22,6% выше по сравнению с 1990 годом.

Таблица 3.23

Сводная таблица выбросов CO₂ по категориям транспортных средств и видам топлив для 1990,2000,2005,2010,2015, 2018-2023 гг., тонн CO₂

| Категория ТС – основное топливо | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Легк. авто (M1) | 50 783 142 | 44 029 032 | 55 437 915 | 71 605 842 | 100 590 369 | 100 332 487 | 103 507 394 | 98 785 950 | 95 499 319 | 104 549 032 | 111 435 913 |
| Бензин | 49 858 985 | 43 787 374 | 54 602 319 | 68 140 136 | 94 330 519 | 93 994 209 | 95 401 727 | 91 040 626 | 87 472 942 | 95 597 954 | 101 837 153 |
| Дизель | 51 647 | 91 684 | 181 686 | 1 851 524 | 4 368 282 | 3 559 417 | 3 418 226 | 3 514 075 | 3 400 070 | 4 622 146 | 5 259 689 |
| СУГ | 518 475 | 103 540 | 1 286 | 909 350 | 1 161 947 | 2 016 422 | 3 513 133 | 3 356 930 | 3 300 313 | 3 026 231 | 2 944 645 |
| Др. топливо | 354 035 | 5 602 | 544 134 | 559 938 | 600 128 | 567 257 | 910 769 | 561 813 | 935 085 | 810 057 | 784 470 |
| КПГ | - | 40 833 | 108 490 | 144 894 | 129 492 | 195 182 | 263 538 | 312 506 | 390 908 | 492 645 | 609 957 |
| Легк. comm. транспорт (N1) | 9 673 745 | 5 035 652 | 6 447 055 | 9 456 976 | 12 552 784 | 10 857 193 | 10 770 805 | 10 195 484 | 9 937 969 | 11 491 743 | 12 015 442 |
| Бензин | 8 5324 25 | 4 340 552 | 5 350 349 | 8 150 429 | 9 614 915 | 8 696 644 | 8 626 488 | 7 987 984 | 7 740 256 | 8 329 200 | 8 794 223 |
| Дизель | 992 006 | 684 281 | 1 043 262 | 1 249 513 | 2 885 737 | 2 111 271 | 2 065 199 | 2 158 696 | 2 116 483 | 3 092 175 | 3 153 072 |
| СУГ | 88 727 | 10 264 | 126 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Др. топливо | 60 586 | 555 | 53 318 | 57 033 | 52 132 | 49 277 | 79 118 | 48 804 | 81 230 | 70 369 | 68 146 |
| Тяж. груз. автомобили (N2, N3, M2, M3) | 87 103 115 | 39 320 376 | 45 585 684 | 54 704 471 | 65 313 077 | 48 130 109 | 44 803 731 | 43 869 398 | 41 494 800 | 54 250 249 | 62 814 388 |
| Бензин | 38 352 581 | 12 405 831 | 10 715 065 | 9 452 966 | 6 392 228 | 3 917 507 | 3 410 467 | 2 636 787 | 1 919 579 | 1 536 455 | 1 529 409 |
| Дизель | 47 986 466 | 26 731 505 | 33 823 482 | 43 467 842 | 57 739 575 | 43 045 372 | 39 907 621 | 39 587 355 | 37 566 606 | 50 223 485 | 57 027 119 |
| СУГ | 398 822 | 29 335 | 252 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Др. топливо | 272 331 | 1 587 | 106 780 | 549 14 | 44 626 | 42 182 | 67 725 | 41 777 | 69 533 | 60 236 | 58 334 |
| КПГ | 92 915 | 152 118 | 940 105 | 1 728 749 | 1 136 649 | 1 125 049 | 1 417 918 | 1 603 479 | 1 939 082 | 2 430 073 | 4 199 527 |
| Мотоциклы (L-катег.) | 4 760 579 | 2 182 588 | 1 164 307 | 724 548 | 503 328 | 485 930 | 503 563 | 491 719 | 466 376 | 509 395 | 538 506 |
| Бензин | 4 760 579 | 2 182 588 | 1 164 307 | 724 548 | 503 328 | 485 930 | 503 563 | 491 719 | 466 376 | 509 395 | 538 506 |
| ИТОГО | 152 320 581 | 90 526 856 | 108 526 580 | 136 491 837 | 178 9595 57 | 159 805 719 | 159 585 493 | 153 342 550 | 147 398 464 | 170 800 419 | 186 804 248 |

3.2.5.4 Другие секторы (1.А.4) и другие виды сжигания топлива, не учтенные ранее (1.А.5)

Обзор

Выборы от других секторов экономики рассчитывались в соответствии с методикой МГЭИК при сжигании топлива в коммерческом и коммунальном секторах, в сельском хозяйстве, лесоводстве и рыболовстве, а также сжигании топлива населением. Выбросы ПГ при других видах сжигания топлива, не учтенных нигде ранее, отнесены к категории 1.А.5.

Суммарный выброс ПГ от других секторов (1.А.4) в 2023 году составил 174887,62 Гг CO₂-экв., от других видов сжигания топлива, не учтенных ранее (1.А.5) – 42201,22 Гг CO₂-экв. Всего от секторов 1.А.4 и 1.А.5 суммарный выброс ПГ составил 217088,85 Гг CO₂-экв., из них 98,3% составляют выбросы диоксида углерода. Другие сектора экономики определяют 14,7% суммарных выбросов CO₂ от сжигания топлива. Динамика суммарных выбросов CO₂ от секторов 1.А.4 и 1.А.5 и изменение долевого вклада подкатегорий источников приведена на рисунке 3.24.

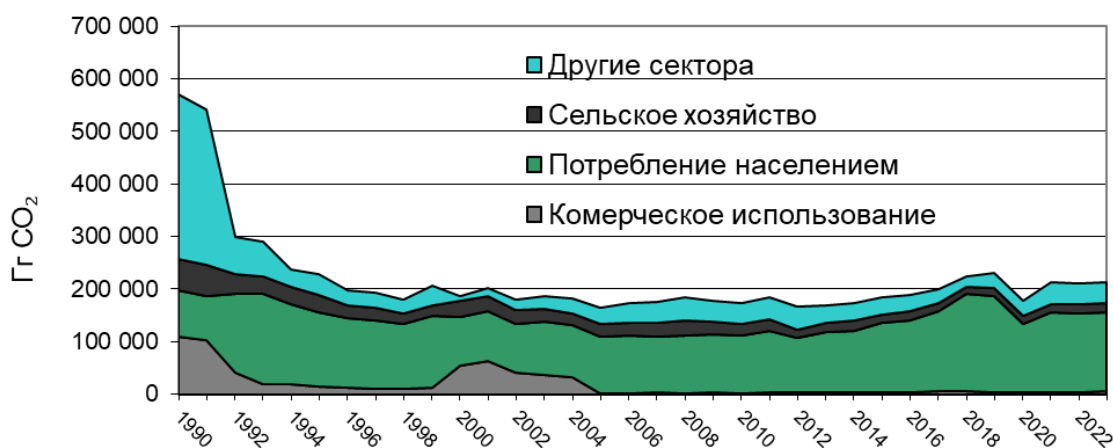


Рисунок 3.24 – Суммарные выбросы диоксида углерода от секторов 1.А.4 и 1.А.5, Гг CO₂

Методологические вопросы

Другие сектора включают выбросы ПГ при сжигании топлив при коммерческом использовании и использовании в учреждениях (1.А.4.а), потреблении населением (1.А.4.б) и в сельском хозяйстве/рыболовстве/лесном хозяйстве (1.А.4.с).

В подкатегории «Коммерческое использование» (1.А.4.а) оценивается эмиссия от сжигания топлива в коммерческих целях и в учреждениях. В российской статистической отчетности эти данные отнесены к категории коммунально-бытовые нужды. При расчете выбросов в подкатегории 1.А.4.а также учтены все не-моторные топлива, отнесенные в национальной статистике к транспорту.

К подкатегории 1.А.4.б отнесена эмиссия от сжигания топлива, потребляемого населением и сжигаемого в частном секторе. В российской национальной статистике эти данные отнесены к категории «отпуск населению».

Выбросы от сжигания топлива в подкатегории «Сельское хозяйство/рыболовство/лесное хозяйство» (1.А.4.с) включают как стационарное сжигание, так и сжигание на передвижных источниках. Эмиссия от сжигания моторных топлив (бензин, сжиженный газ, дизельное топливо, другие моторные топлива) в сельском хозяйстве отнесена к передвижным источникам и рассчитана отдельно от стационарного сжигания.

1.А.5. Другое сжигание топлива (не учтенное нигде больше)

В категории «Другое сжигание топлива» определена эмиссия ПГ от неспецифического сжигания топлива, не включенного ни в какие другие категории, включая сжигание топлива вооруженными силами и другими государственными структурами. Для определения выбросов в данной категории использованы данные, отнесенные в российской национальной статистической отчетности к категории «другие сектора экономики».

Коэффициенты эмиссии углерода, поправки на неполное окисление углерода и коэффициенты преобразования фактического выброса углерода в эмиссию CO₂ использовались в соответствии с методикой МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Структура Топливо-энергетического баланса не позволяет разделить потребление топлива в категории «Другие, не учтенные ранее источники» (1.А.5) для стационарного сжигания топлива и мобильного. Поэтому, все потребление топлива и, соответствующие выбросы парниковых газов отнесены в категорию 1.А.5.а стационарное сжигание топлива, а в таблице ОТО приводится обозначение, что выбросы учтены при выполнении других расчетов (“IE – included elsewhere”).

Объемы твердых коммунальных отходов, рассчитанные в секторе Отходы и сжигаемые с получением энергии, приведены только в информационных целях в таблице А(а)s4 ОТО. Так как ТКО в данном случае являются топливом, используемым для получения энергии, то они включены в статистическую отчетность энерго-производящих предприятий и, соответственно, учтены в ТЭБ. Подробное описание методики расчета приведено в разделе Отходы.

Ранее, для 1992-1999, 2001, 2004 и 2008 годов в таблицах ОТО ошибочно приводились данные о выбросах ПГ в категории «Другие, не учтенные ранее источники» (1.А.5) для других ископаемых топлив. Потребление топлива согласно ТЭБ в эти годы для категории (1.А.5) не осуществлялось.

Исходные данные

В таблице 3.24 приведено изменение объемов сжигаемого топлива в других секторах по отношению к 1990 году. В соответствии с рекомендацией группы экспертов РКИК ООН, в настоящем докладе приводятся детализированные по видам объемы потребления топлива по подкатегориям источников (табл. 3.25).

Таблица 3.24

Сжигание топлива в других секторах (категории 1.А.4 и 1.А.5) в % к 1990г.

| | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Всего | 46,5 | 38,6 | 35,0 | 36,5 | 37,2 | 39,7 | 40,9 | 43,9 | 49,8 | 50,8 | 39,2 | 46,4 | 45,8 | 45,6 |
| Жидкое топливо | 21,1 | 14,8 | 15,1 | 16,5 | 18,0 | 18,6 | 19,1 | 19,6 | 17,7 | 18,0 | 13,9 | 11,1 | 12,4 | 15,5 |
| Твердое топливо | 26,1 | 20,5 | 11,5 | 9,6 | 7,2 | 7,5 | 5,7 | 4,9 | 5,4 | 6,1 | 5,5 | 12,9 | 12,2 | 12,8 |
| Газ | 183,7 | 168,2 | 157,4 | 164,3 | 166,8 | 182,3 | 191,0 | 211,1 | 259,3 | 265,2 | 201,9 | 255,9 | 247,9 | 232,3 |
| Другие топлива | 0,0 | 12,2 | 8,9 | 82,2 | 65,4 | 35,3 | 50,3 | 11,6 | 30,7 | 41,0 | 61,3 | 14,5 | 20,0 | 26,0 |
| Торф | 699,6 | 951,5 | 30,2 | 15,9 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Таблица 3.25

Потребление топлива по видам в категории 1А.4 – Другие отрасли и 1А.5 – Другие виды сжигания топлива в последнем году, представленном в кадастре, ТДж

| | 1А4А | 1А4В | 1А4С | 1А5 |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|
| Бензин | | | 12925,82 | |
| Дизельное топливо | | | 121330,39 | 99682,91 |
| Мазут | 4412,64 | 44,17 | 19834,80 | 3473,10 |
| Сжиженный газ | 1108,91 | 370892,18 | 2411,08 | 2286,84 |
| Антрацит | 276,19 | 3086,21 | 85,73 | 11000,21 |
| Коксующийся уголь | | | | 46087,85 |
| Каменный уголь | 3413,68 | 38144,60 | 1059,63 | 89871,31 |
| Бурый уголь | 513,35 | 17086,87 | 803,16 | 3514,80 |
| Угольные брикеты | 40,44 | | | 5,28 |
| Кокс металлургический сухой | | | | 69,63 |
| Природный газ | 83564,85 | 2221699,55 | 85340,45 | 223056,06 |
| Прочие горючие отходы | 82,06 | 301,87 | 249,11 | 1345,22 |
| Всего | 93625,87 | 2651255,44 | 255647,54 | 566630,61 |
| Биомасса | 189,44 | 23571,45 | 1375,18 | 6582,79 |
| Биогаз | | | | 4571,39 |
| Биомасса всего | 189,44 | 23571,45 | 1375,18 | 11154,18 |

Примечание: Сумма значений по столбцам не совпадает со значением «Всего», т.к. из детальной разбивки по видам топлива исключены значения, содержащие конфиденциальную информацию.

3.2.5.5 Оценка выбросов других газов, кроме CO₂

Оценка выбросов других, кроме CO₂, газов проводилась с использованием уровня 1, кроме выбросов от дорожного транспорта. Выбросы прочих парниковых газов – CH₄ и N₂O, а также косвенных парниковых газов – NO_x, CO и НМЛОС приведены для всего временного ряда.

Коэффициент выбросов для иных кроме CO₂ газов значительно зависит от используемой технологии сжигания. При применении уровня 1 использовались коэффициенты выбросов CH₄ и N₂O, приведенные в Руководящих принципах МГЭИК отдельно для каждой категории источников (МГЭИК, 2006). В Кадастре 2025 года для пересчета выбросов CH₄ и N₂O в CO₂-экв. применены потенциалы глобального потепления из 5 Оценочного доклада МГЭИК, равные, соответственно 28 и 265.

В целом для подсектора «Сжигание топлива» (1.А) выбросы CH₄ и N₂O в 2023 году составляют всего 0,60% суммарного выброса ПГ. В 1990 году выбросы прочих ПГ при сжигании топлива составляли 1,14%. На рисунке 3.25 показан временной тренд выбросов CH₄ и N₂O при сжигании топлива, а на рисунке 3.26 – вклад различных категорий источников в суммарные выбросы CH₄ и N₂O в 2023 году.

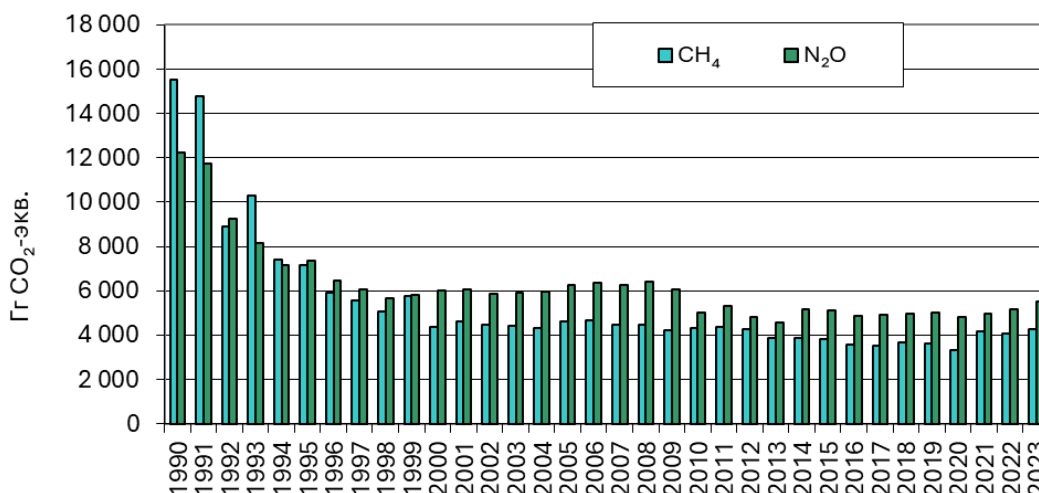


Рисунок 3.25 – Временной тренд выбросов CH₄ и N₂O при сжигании топлива

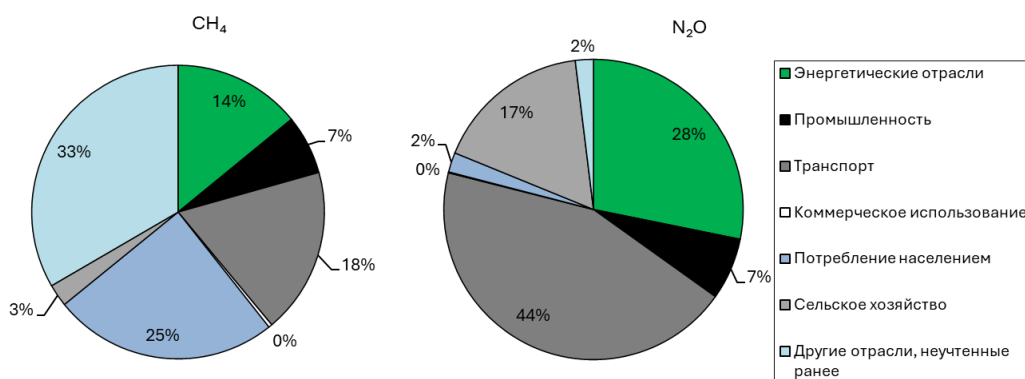


Рисунок 3.26 – Вклад различных категорий источников в выбросы метана и оксида диазота от сжигания топлива в последнем году, представленном в кадастре

С 1990 по 1998 год наблюдалось значительное снижение выбросов CH₄ и N₂O от сжигания топлива, а после 1999 года наступила относительная стабилизация уровня выбросов (рис. 3.24 и 3.25). Рост выбросов N₂O в 2000-х годах обусловлен в значительной степени модернизацией парка автотранспортных средств и, как следствие, увеличением доли автомобилей класса Евро 1, для которых удельные выбросы N₂O выше, чем для автомобилей класса Евро 0. В последующие годы постепенное выбытие автотранспортных средств класса Евро 1 и увеличение доли автотранспортных средств более высоких экологических классов привело к постепенному снижению суммарных выбросов N₂O.

В 2023 году распределение выбросов CH₄ между категориями источников достаточно равномерное, за исключением сектора сжигание топлива в других отраслях, неучтенных ранее, выбросы от которого составили 33% суммарных выбросов метана от подкатегории сжигание топлива. Основные вклады в выбросы CH₄, кроме других отраслей, вносят сжигание топлива населением (25%), транспорт (18%), энергетика (14%) и промышленность (7%).

Эмиссия N_2O обусловлена в основном сжиганием топлива транспортом – 44% (из которых 49,0% обусловлены сжиганием топлива дорожным транспортом) и в энергетической отрасли (28%), 17% выбросов обусловлено деятельностью техники в сельскохозяйственной, лесной и рыболовной отраслях.

Начиная с кадастра 2019 года был произведен перерасчет выбросов CH_4 и N_2O от внедорожной техники (в категории Сельское хозяйство). Перерасчет связан с уточнением удельных коэффициентов выбросов CH_4 и N_2O , которые ранее ошибочно были взяты равными удельным коэффициентам выбросов этих веществ при сжигании топлива стационарными источниками. Начиная с кадастра 2019 года, в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК (МГЭИК, 2006), таблица 3.3.1, удельные коэффициенты приняты как среднее арифметическому значению коэффициентов для двухтактных и четырехтактных двигателей, используемых в сельском хозяйстве. Для бензина принимается коэффициент 110 кг CH_4 /ТДж и 1,2 кг N_2O /ТДж сожженного топлива. Для дизельного топлива использовались коэффициенты выбросов равные 4,15 кг CH_4 /ТДж и 28,6 кг N_2O /ТДж сожженного топлива. Согласно данным Гостехнадзора средний возраст тракторов, используемых в сельском хозяйстве, превышает 18 лет. Самой многочисленной моделью трактора на российских полях является трактор МТЗ-82.1 «Беларус». Бензиновые двигатели в основном ставятся на мини-трактора из-за своих конструктивных особенностей. Самым популярным мини-трактором является модификация МТ-082, на которую устанавливается четырёхтактный бензиновый мотор «СК-12».

Временное изменение выбросов косвенных ПГ представлено на рисунке 3.27. Выбросы CO и НМЛОС в подсекторе 1.А., соответственно, на 85% и 79% обусловлены сжиганием топлива на транспорте (рис. 3.28). При этом более 95% выбросов CO и 88% выбросов НМЛОС от категории «Транспорт» обусловлено сжиганием топлива дорожным транспортом.

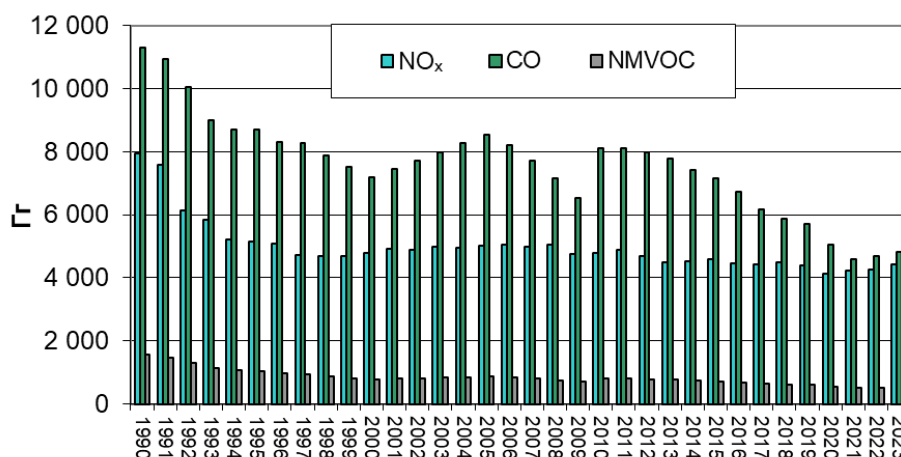


Рисунок 3.27 – Временной тренд выбросов газов с косвенным парниковым эффектом при сжигании топлива

Промышленное производство

По рекомендации группы экспертов по рассмотрению кадастра, доменный газ включен в расчеты за все годы (1990–2015) для определения выбросов CH_4 и N_2O . Доменный газ используется в качестве топлива в промышленном производстве или при производстве тепло– и электро– энергии на электростанциях собственных нужд при промышленных предприятиях, поэтому все выбросы CH_4 и N_2O образующиеся при сжигании доменного газа отнесены к подсектору 1.А.2 – Сжигание топлива в промышленности в виде отдельной подкатегории эмиссии в таблицах ОТО – 1.А.2.g.viii. Выбросы CH_4 при сжигании доменного газа составили в 2023 году 0,24 Гг, а N_2O – 0,02 Гг. В 1990 году соответствующие значения составляли 0,36 Гг и 0,04 Гг.

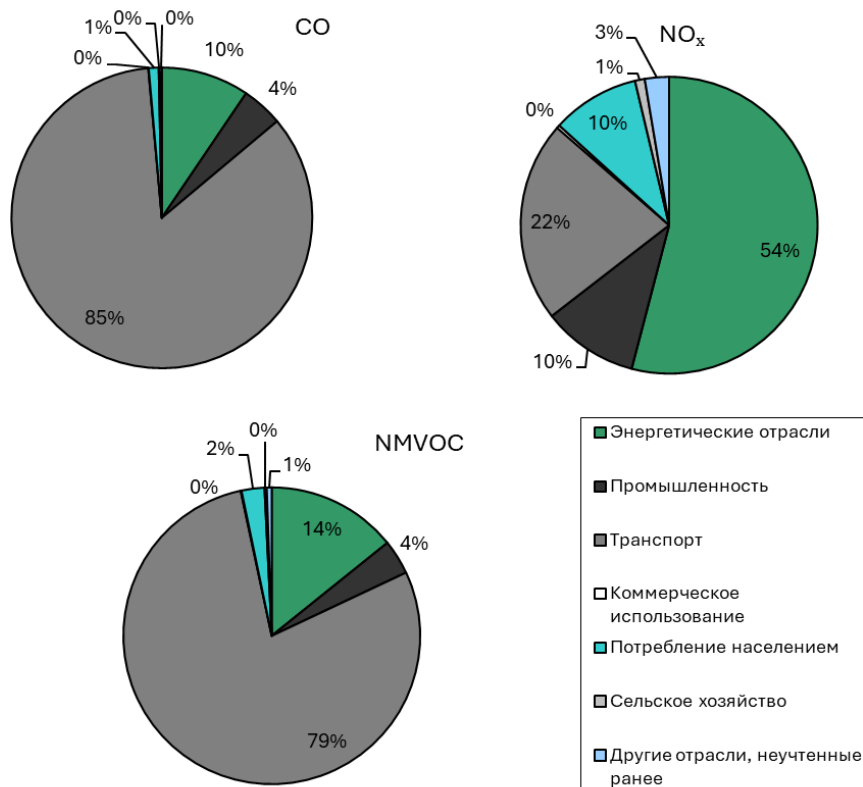


Рисунок 3.28 – Вклад различных категорий источников в выбросы газов с косвенным парниковым эффектом от сжигания топлива в последнем году, представленном в кадастре

Дорожный транспорт

Оценка выбросов парниковых газов CH_4 и N_2O , а также выбросов других газов-прекурсоров: CO, NO_x , неметановых углеводородов в период с 1990-2009 гг. основывалась на модели COPERT-IV, версия 11.3 и соответствует подходам, описанным в предыдущем Национальном кадастре (НДК, 2024). В связи с актуализацией структуры автомобильного парка и разработкой Транспортной модели (подробно см. раздел 3.2.5.3.5) в период 2010-2023 гг. выбросы были пересчитаны. Для периода 2010-2023 гг. при расчетах выбросах использовалась программа COPERT 5. Также для всего временного периода были добавлены выбросы от транспортных средств, использующих КПП в качестве основного моторного топлива.

Выбросы CH_4 , N_2O и газов-прекурсоров в программе COPERT от автотранспорта вычисляются согласно базовой формуле 3.7:

$$E_{\text{total}} = E_{\text{hot}} + E_{\text{cold}} + E_{\text{evap}}, \quad (3.7)$$

где: E_{total} – общие выбросы;

E_{hot} – выбросы в течение стабильной работы прогретого двигателя;

E_{cold} – выбросы при прогреве двигателя (холодном пуске);

E_{evap} – испарения топлива (используются при расчетах выбросов CH_4 от бензиновых ТС).

Выбросы с отработавшими газами АТС зависят от средней скорости транспортного средства, типа дороги (участка Улично-дорожной сети (УДС)). Средние значения коэффициентов эмиссии умножаются на пробег транспортных средств каждого типа для различных типов городских дорог с различными средними скоростями движения, чтобы проводить оценку выбросов на каждом из типов дорог.

Масса выбросов в течение стабильной работы прогретого двигателя зависит от разнообразных факторов, включающих пробег АТС, его скорость, возраст, объем двигателя и определяется по формуле 3.8:

$$E_{\text{hot}; i, j, k} = N_j \times M_{j,k} \times e_{\text{hot}; i, j, k} / 1000, \quad (3.8)$$

где: $E_{\text{hot}; i, j, k}$ – выбросы i -го газа ТС класса j при движении по дороге типа k с прогретым двигателем и системой контроля выбросов;

N_j – количество ТС класса j , ед;

$M_{j,k}$ – пробег ТС класса j по дороге типа k , км/ТС в год;

$e_{\text{hot}; i, j, k}$ – среднее значение пробеговых выбросов для i -го газа от ТС класса j при движении по дороге типа k с прогретым двигателем и системой контроля выбросов, г/км.

Оценки выбросов CH_4 и N_2O в большей степени зависят от экологического класса автомобилей и применяемых технологических решений (например, использование катализатора или электронных систем управления ДВС). Сравнение оценок выбросов для этих двух ПГ с учетом актуализации структуры автомобильного парка и внедрения Транспортной модели (НДК, 2025) с ранее использованными результатами (НДК, 2024) представлены в табл. 3.26 и 3.27.

Выбросы CH_4 с учетом обновленной структуры автомобильного парка несколько выросли (от 7 до 10 % в некоторые годы) относительно ранее представляемых данных (НДК, 2024). Однако, в период с 2010–2022 гг. сокращение выбросов составило 24,8% относительно прошлых 23,4%. Валовые выбросы N_2O , наоборот, уменьшились. В 2010–2018 гг. сокращение составило от 8 до 37% в некоторые годы. После 2018 года выбросы сопоставимы по сравнению с прошлыми представляемыми данными (НДК, 2024).

Результаты расчета выбросов CH_4 и N_2O всего временного периода (1990, 2000, 2005, 2010, 2013–2023 гг.) представлены на рисунках 3.29 и 3.30

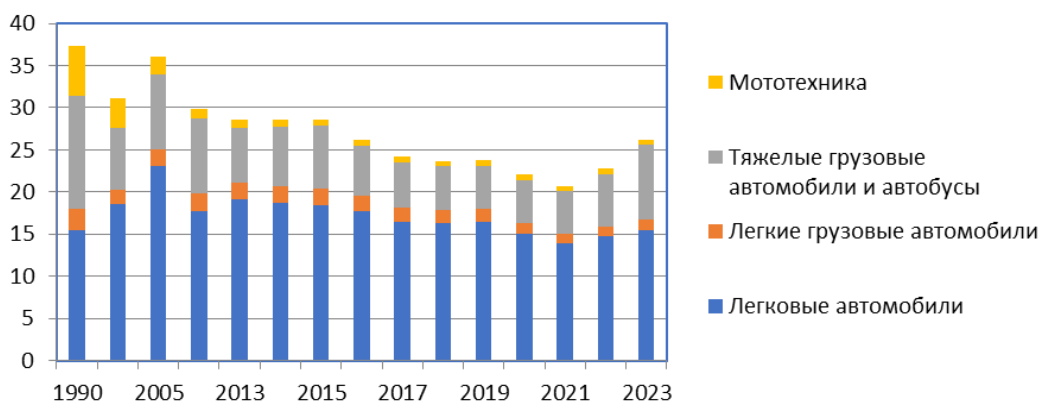


Рисунок 3.29 – Результаты расчета выбросов CH_4 , тыс. т

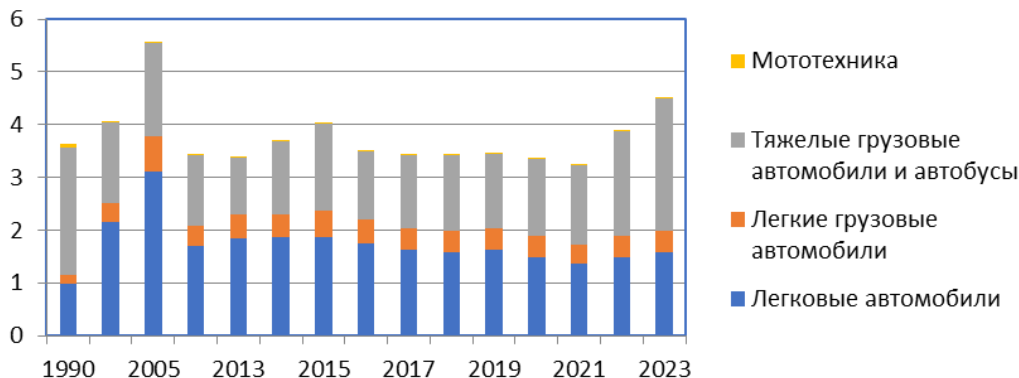


Рисунок 3.30 – Результаты расчета выбросов N_2O , тыс. т

Таблица 3.26

Значения выбросов CH₄ с 2010 по 2023 гг., которые ранее использовались в Национальном кадастре (НДК, 2024; числитель) и актуализированные оценки, применяемые в текущем Национальном кадастре (НДК, 2025; знаменатель), тыс. тонн CH₄

| Категория ТС / годы | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Легк. авто (M1) | 18.1 | 18.9 | 18.9 | 19.3 | 20.3 | 19.5 | 15.8 | 14.1 | 14.5 | 15.5 | 14.4 | 13.6 | 13.2 | - |
| | 17.8 | 18.4 | 18.8 | 19.1 | 18.7 | 18.4 | 17.7 | 16.4 | 16.4 | 16.5 | 15.1 | 13.9 | 14.7 | 15.4 |
| Легк. comm. транспорт (N1) | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | - |
| | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.3 |
| Тяж. груз. автомобили (N2, N3, M2, M3) | 6.8 | 6.5 | 6.1 | 5.8 | 6.0 | 6.6 | 5.3 | 5.0 | 4.8 | 4.3 | 4.0 | 3.6 | 4.2 | - |
| | 8.8 | 8.2 | 7.3 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 6.0 | 5.4 | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 5.2 | 6.2 | 8.9 |
| Мотоциклы (L-катег.) | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | - |
| | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| ВСЕГО, тыс. тонн | 27.8 | 28.4 | 28.1 | 28.2 | 29.4 | 29.2 | 24.1 | 21.9 | 22.2 | 22.7 | 21.1 | 19.8 | 20.9 | - |
| | 29.9 | 29.8 | 29.2 | 28.6 | 28.6 | 28.7 | 26.1 | 24.2 | 23.7 | 23.7 | 22.0 | 20.7 | 22.8 | 26.2 |

Таблица 3.27

Значения выбросов N_2O с 2010 по 2023 гг., которые ранее использовались в Национальном кадастре (НДК, 2024; числитель) и актуализированные оценки, применяемые в текущем Национальном кадастре (НДК, 2025; знаменатель), тыс. тонн N_2O

| Категория ТС / годы | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Легк. авто (M1) | 3.4 | 3.2 | 2.9 | 2.6 | 2.7 | 2.6 | 2.2 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | - |
| | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 1.6 |
| Легк. комм. транспорт (N1) | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | - |
| | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Тяж. груз. автомобили (N2, N3, M2, M3) | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 1.1 | 1.4 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.4 | - |
| | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.4 | 1.7 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Мотоциклы (L-катег.) | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | - |
| | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| ВСЕГО, тыс. тонн | 5.4 | 5.1 | 4.7 | 4.3 | 4.5 | 4.8 | 4.0 | 3.8 | 3.7 | 3.5 | 3.3 | 3.2 | 3.8 | - |
| | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 3.7 | 4.0 | 3.5 | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 3.4 | 3.2 | 3.9 | 4.5 |

Эпидемия Covid-19 явилась главным фактором снижения выбросов парниковых газов и газов-прекурсоров от дорожного транспорта в 2020 году. В течение 2020 года наблюдался спад производства и потребления нефтепродуктов. В 2021 году потребление нефтепродуктов стало восстанавливаться на предыдущие уровни, однако в 2022 и 2023 году случился резкий рост потребления дизельного топлива, что сказалось на росте выбросов парниковых газов и газов-прекурсоров.

Расчеты показывают неравномерную по годам динамику выбросов метана (снижение выбросов по сравнению с 1990 г. на 17,5 % в 2000 и рост выбросов в 2005 г. по сравнению с 2000 на 11%), в 2023 году снижение выбросов метана составило по сравнению с 1990 годом 28%. Однако, по сравнению с 2022 годом, выбросы увеличились на 15,3%.

Для выбросов N_2O наблюдался рост в 2000 году на 11% по сравнению с 1990 годом. Это объясняется тем, что удельный пробеговый выброс N_2O у автомобилей экологического класса евро 1 больше, чем у автомобилей класса евро 0. Выбросы N_2O в 2023 году по сравнению с 2022 годом увеличились на 16,0%, это связано с ростом потребления дизельного топлива в стране и увеличившейся транспортной работой. В 2023 году относительно данных 1990 года выбросы N_2O увеличились на 24,0%.

При этом у обоих веществ появляется скачок выбросов в 2005 г., необусловленный потреблением топлива, а связанный с тем, что максимальные факторы эмиссии (удельный пробеговый выброс) для CH_4 и N_2O отмечаются у АТС экологических классов Евро – 0, 1 и 2. Для автомобилей высоких экологических классов они заметно меньше и при этом фактически одинаковы (по легковым автомобилям) для Евро – 3 и Евро – 6. В 2005 г., вследствие интенсивного роста количества автомобилей классов Евро 0-2, произошло увеличение валовых выбросов. В дальнейшем (после 2010 г.) количество АТС низких экологических классов снижалось, но при этом рост парка не замедлялся. Удельный выброс N_2O для дизельных транспортных средств и автобусов после снижения, в связи с переходом на Евро 3, в дальнейшем растет фактически до предыдущих показателей.

Расчет выбросов NO_x , CO и неметановых углеводородов (NMVOC) проведен с использованием программы COPERT 5, в соответствии с уровнем 3 МГЭИК (по пройденному расстоянию), который, кроме детального подхода к парку и пробегу, учитывает дополнительные выбросы, связанные с прогревом АТС, а также испарения углеводородов из топливного бака и системы топливоподачи бензиновых автомобилей. Кроме этого, холодный пуск приводит к дополнительным выбросам. Они учитываются для всех трех условий движения (городская улица, местная дорога и автомагистраль) бензиновых и дизельных легковых автомобилей, а также для легких грузовых автомобилей.

Испарение топлива (углеводородов) из топливного бака и системы топливоподачи составляют определенную долю полных эмиссий от автомобильного транспорта. В методике учитываются три различных механизма испарения бензина из транспортных средств: дневная потеря, испарение топлива из горячего двигателя, потери при движении. Величина испарений неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) от транспортных средств с бензиновыми двигателями зависит от температуры окружающей среды и испаряемости топлива и, в случае дневных потерь, ежедневного повышения температуры окружающей среды. Испаряющиеся НМЛОС вычисляются в течение каждого месяца и значения суммируются, чтобы получить годовые значения выбросов.

Результаты расчета, приведенные на рисунках 3.31 – 3.33, показывают тенденцию снижения выбросов с 1990 г. относительно 2023 года (61,7% для CO , более 71,3% для неметановых углеводородов и до 51,6% по NO_x) из-за улучшения экологических характеристик автомобильного транспорта. По сравнению с 2022 годом в 2023 году наблюдается увеличение выбросов (около 3,0% для CO , до 2,4% неметановых углеводородов и до 9,0% для NO_x), что обуславливается ростом потребления дизельного топлива в стране.

Достичь сокращения выбросов парниковых газов и газов-прекурсоров на протяжении 1990-2023 гг. позволило введение ряда высокоэффективных мер: запрет на продажу старых автомобилей низких экологических классов, введение стандартов топлива Евро 5 (ТР ТС 013/2011 и ГОСТ 32511-2013), повышение топливной эффективности автомобилей, расширение использования природного газа в качестве моторного топлива.

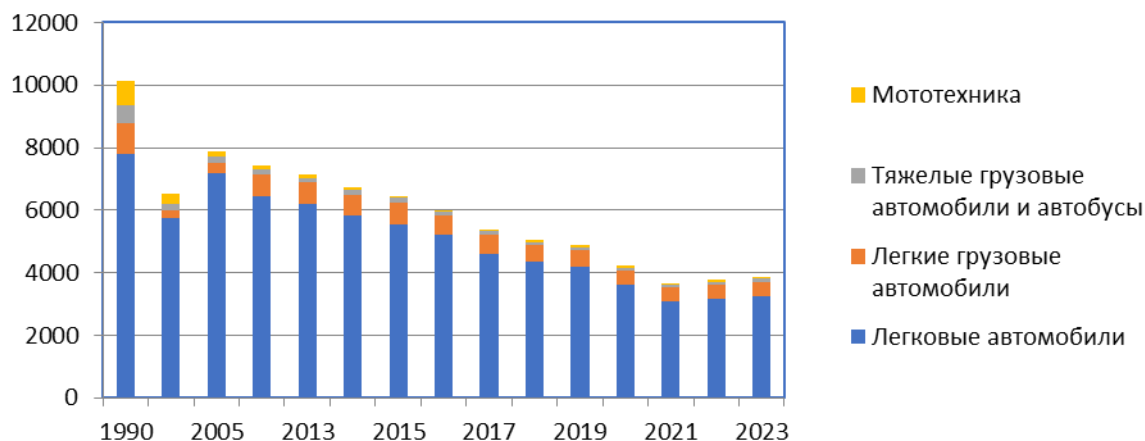


Рисунок 3.31 – Валовые выбросы CO по основным расчетным годам и категориям АТС, тыс. т

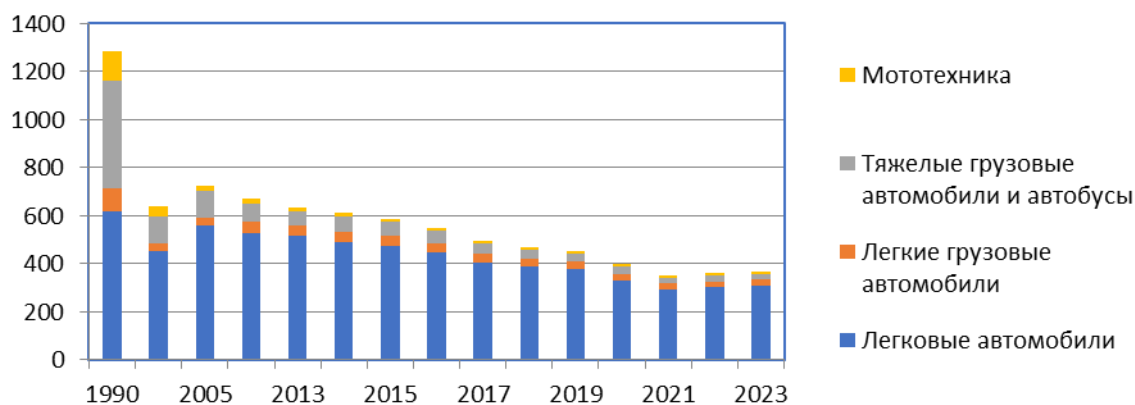


Рисунок 3.32 – Валовые выбросы НМЛЮС по основным расчетным годам и категориям АТС, тыс. т

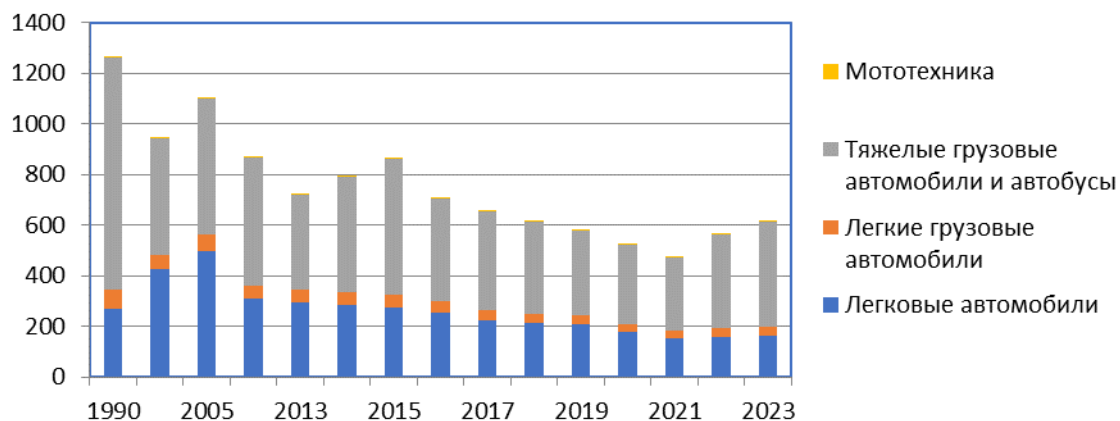


Рисунок 3.33 – Валовые выбросы NO_x по основным расчетным годам и категориям АТС, тыс. т

При проведении оценки выбросов CH₄, N₂O, CO, неметановых углеводородов и NO_x за промежуточные годы (1991-1999, 2001-2004, 2006-2009) использовался метод линейной интерполяции коэффициента эмиссии для каждого класса автотранспортного средства.

3.2.5.6 Оценка неопределенности расчетов выбросов парниковых газов

Комплексная количественная оценка неопределенности величин выбросов ПГ затруднительна из-за сложной организационной структуры категории 1.А. Как правило, при развитой системе национальной статистики уровень неопределенности всех данных о деятельности составляет $\pm 5\%$, кроме данных о биомассе и использовании топлив на транспорте. РФ имеет высокоорганизованную систему государственной статистики. Поскольку данные о деятельности были взяты из государственной статистической отчетности или данных международных организаций, в которые РФ регулярно представляет статистическую информацию, то они имеют высокую точность. Соответственно их неопределенность составляет $\pm 5\%$. Величина неопределенности данных о биомассе была принята $\pm 20\%$.

Неопределенности коэффициентов выбросов CO_2 для разных видов топлив достаточно точно определены, поскольку они зависят от содержания углерода в конкретном топливе. Внедрением национальных коэффициентов выбросов от сжигания жидких топлив, позволило значительно снизить неопределенность в оценке выбросов углекислого газа. Уточненные значения неопределенности полученных коэффициентов составили 0,2-0,3% вместо используемых ранее значений неопределенности из Руководящих принципов МГЭИК (2006), равных 7% для коэффициентов выбросов CO_2 .

Неопределенность коэффициентов выбросов иных газов гораздо выше. Неопределенность коэффициентов выбросов CH_4 может достигать $\pm 50\%$, а для коэффициента выбросов N_2O может составлять от -40% до $+140\%$ (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006). Соответственно неопределенность коэффициентов эмиссии CO_2 была принята $\pm 7\%$. В свою очередь неопределенности коэффициентов эмиссии CH_4 и N_2O были приняты равными $\pm 50\%$ для всех категорий, кроме транспорта.

Неопределенность данных о деятельности и коэффициентов выбросов для автотранспорта рассчитаны с использованием подхода 2 уровня. Для автомобильного транспорта, с учетом проведенных перерасчетов по программе Copert-IV, величины неопределенности коэффициентов эмиссии CH_4 и N_2O оценивались при помощи подхода 2, основанного на моделировании методом Монте-Карло. Точность результатов при применении этого метода улучшается при достаточно большом числе моделирований. Результатом 1000 бутстреп-моделирований для каждого вида коэффициентов эмиссии CH_4 и N_2O , полученных из Copert-IV, стало существенное уменьшение неопределенности в них до $\pm 18\%$. Аналогичный подход к оценке неопределенности транспортной работы дал результат $\pm 32\%$. Объединенная неопределенность по эмиссии CH_4 и N_2O для транспорта составила $\pm 37\%$.

Количественная оценка неопределенности выбросов ПГ для сжигания топлива (категория 1.А) выполнялась на основе приведенных выше величин неопределенностей данных о деятельности и параметров по уровню 1 методологии МГЭИК при доверительном интервале 95% (МГЭИК, 2006). Расчеты показывают, что общая неопределенность оценок выбросов по категории источников 1.А в 2023 году составляет 3,8%, а неопределенность тенденции выбросов – 3,5%.

3.2.5.7 Обеспечение и контроль качества, перерасчеты и планируемые усовершенствования

Оценка и контроль качества включали контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы. Контроль качества выполняли на этапах сбора и электронного ввода данных о деятельности, коэффициентов эмиссии и коэффициентов пересчета. В процессе формальной проверки рассмотрены размерность данных о деятельности и параметров, на основе которых выполнялись расчеты эмиссии ПГ. Были перепроверены расчеты и проанализирована полнота и целостность данных о деятельности и другой параметрической информации. Проверки выполнялись лицами, непосредственно занятыми в подготовке кадастра.

Исходные данные и результаты расчетов сравниваются по годам и отдельным категориям источников. Для каждого подсектора при вводе исходных данных проводится контроль схожести общего количества топлива, сжигаемого в данном подсекторе, с данными топливно-энергетического баланса. При расхождении, превышающим 0,05%, что может быть вызвано

ошибкой округления данных, выполняется перепроверка введенных величин. Указанные меры позволяют выявить ошибки при вводе данных и выполнении оценок эмиссии. Мероприятия по контролю качества проводятся регулярно и в несколько этапов по мере подготовки инвентаризации. При обеспечении и контроле качества учитывались замечания и предложения, высказанные группой экспертов РКИК ООН.

В рамках проведения процедур проверки и контроля качества и результатам полученных замечаний от Минэнерго России при согласовании Национального кадастра 2024 года Росгидрометом был собрана рабочая группа по выработке подходов по учету отраслевой статистики Министерства энергетики Российской Федерации при подготовке Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. В результате проведенных согласований Росстатом внесены уточнения в исходные данные о потреблении топливно-энергетических ресурсов в 2021 и 2022 году, что привело к согласованности с тенденцией увеличения выработки электроэнергии, отраженной в отраслевых данных Минэнерго. Соответствующие уточнения внесены в расчеты в секторе 1А. Энергетика. Сжигание топлива Национального кадастра. Проведено сопоставление данных о производстве электроэнергии, собираемых Росстатом и Минэнерго России. Получено подтверждение того, что данные Росстата, используемые для подготовки Национального кадастра парниковых газов, представляет более полный охват предприятий, чем отраслевые данные. Однако, в дальнейшем, для более прозрачного представления отраслевых данных о потреблении топлива и учета выбросов парниковых газов будет продолжена работа по выявлению отраслевой принадлежности предприятий – производителей электроэнергии, которые входят в данные статистической отчетности Росстата, но не включены в перечень отчитывающихся предприятий Минэнерго России.

При выполнении научно-исследовательских работ в рамках реализации проекта ВИП ГЗ совместно с НИИ статистики Росстата была, в том числе, проведена проверка алгоритма подготовки входных данных для сектора 1А Сжигание топлива на основе исходных данных топливно-энергетического баланса России. В результате подтверждена корректность используемых подходов. Внесены небольшие уточнения. Результаты внедрены в Кадастр этого года.

По методическим вопросам сбора данных проводились консультации со специалистами Росстата, Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), отраслевыми и профильными специалистами.

В настоящем кадастре внедрены следующие обновленные значения параметров и коэффициентов:

- национальные значения коэффициентов выбросов CO₂ для автомобильного бензина, дизельного топлива, топочного мазута и авиационного керосина (см. Приложение 4.4., Том 2 НДК 2024). Разработка национальных коэффициентов соответствует в том числе **рекомендации Е6** отчета о рассмотрении 2019 года по разработке национального коэффициента выброса CO₂ при сжигании жидких топлив. В кадастре 2025 г. внедрены результаты продления временного ряда национальных коэффициентов выбросов CO₂ от сжигания приоритетных видов жидких топлив (автомобильный бензин, дизельное топливо, мазут и авиационный керосин). Вместо усредненных значений за пять предшествующих лет, использовались модельные расчеты за 2022 год.
- обновленные в соответствии с Решением 6/CP.27 при оценке суммарных выбросов ПГ использовались потенциалы глобального потепления CH₄ и N₂O, перечисленные в таблице 8.А.1 вклада Рабочей группы I в пятый Доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата.
- обновлены коэффициенты выбросов CO₂ при сжигании каменных и бурых углей. Расчеты выполнены на основе средневзвешенного содержания углерода в угле с учетом потребления углей различных марок и бассейнов.
- Обновлены национальные удельные коэффициенты выбросов для CH₄, N₂O и газов-прекурсоров для 2010-2023 гг. для категории 1.А.3.b «Дорожный транспорт». Также для периода 1990-2023 гг. впервые представлены выбросы от сжигания КПП автотранспортом. При расчете выбросов с 2025 года используется обновленная Транспортная модель. В транспортную модель также включен внедорожный транспорт, который в дальнейшем предполагается внедрить в Национальный кадастр после согласования и сведения Топливо-энергетического баланса вместе с представителями Росстата;

- Пересчитаны выбросы CO₂, CH₄, N₂O и газов-прекурсоров для категории 1.A.3.b «Дорожный транспорт» в 2021-2022 гг. в связи с обновлением данных в Топливо-энергетическом балансе за данный период.

По рекомендациям группы экспертов по рассмотрению, в текст НДК и таблицы ОТО внесены следующие изменения и уточнения:

- в таблицах ОТО были проверено и исправлено использование обозначений для всего временного ряда, в частности изменено обозначение NA – not applicable на NO – not assuring для категории 1.A.3.ei – Трубопроводный транспорт (твердые виды топлива, другие ископаемые виды топлива, биомасса), 1.A.3.b.i легковые автомобили, 1.A.3.b.ii легкие грузовые автомобили, 1.A.3.b.iii тяжелые грузовые автомобили (газообразные виды топлива, биомасса и другие виды ископаемых топлив), 1.A.3.b.c железнодорожный транспорт (газообразные топлива и биомасса) в соответствии с рекомендацией **E1** отчета о рассмотрении 2019 года. Дополнительно, были исправлены обозначения NA – not applicable на NO – not assuring для категорий 1.A.1.b «Сжигание топлива при перегонке нефти» (твердые топлива) и 1.A.4.c iii Рыболовство (газообразное топлива и биомасса).
- в соответствии с рекомендацией **E3** отчета о рассмотрении 2023 года – в таблицах ОТО указано обозначение “IE – included elsewhere” для битума, нефти, нефтяного кокса, смазочных материалов и других топлив, включенных в категорию «Другие нефтепродукты». В таблицу ОТО во вкладке «official comment» добавлено пояснение, что указанные виды топлива включены в категорию «Другие нефтепродукты». Данные виды топлива не могут быть разъединены из-за особенностей структуры предоставления данных Росстатом;
- в соответствии с рекомендацией **E8** отчета о рассмотрении 2019 года, в НДК, начиная с кадастра позапрошлого года, включены дополнительная таблица (таблица 3.22) и более подробное описание перераспределения данных о сжигании дизельного топлива между подкатегориями «Дорожный транспорт» (1.A.3.b) и «Промышленные производства и строительство» (1.A.2) и «Другие, не учтенные ранее источники» (1.A.5) (раздел 3.2.5.3.5 Выбросы от дорожного транспорта.). Перераспределение объемов топлива связано с тем, что использование расчетной модели выбросов ПГ (Copert-IV) является дополнительной верификацией потребления топлива и обладает большей надежностью, так как учитывает соответствующие специфичные для технологии CH₄ и N₂O коэффициенты выбросов. При этом объемы потребления топлив в категории «Дорожный транспорт» (1.A.3.b) гораздо больше, чем в категории «Другие, не учтенные ранее источники» (1.A.5), что косвенно может говорить об сокращении итоговых неопределенностей выбросов;
- в соответствии с рекомендацией **E13** отчета о рассмотрении 2019 года, выбросы от категории Производство неметаллических продуктов (1.A.2.f) выделены из категории Другие сектора промышленности (1.A.2.g) и представлены отдельно для 2008-2018 гг. Для 1990-2007 гг. данные Росстата не позволяли представить категорию Производство неметаллических продуктов (1.A.2.f) как отдельную, поэтому для данного периода выбросы включались в категорию Другие сектора промышленности (1.A.2.g), что так же включено в пояснения в таблице ОТО в соответствии с рекомендациями группы по рассмотрению кадастра. В Докладе о кадастре внесены исправления в классификацию категорий промышленного производства для их соответствия категориям таблиц ОТО;
- в соответствии с рекомендацией **E9** отчета о рассмотрении 2023 года, устранено несоответствие в тексте НДК по используемым коэффициентам выбросов CH₄ и N₂O в категории 1.A.4.c Сельское хозяйство/Лесное хозяйство/рыболовство и рыбоводство. Перерасчеты не проводились. Пояснение по выбору коэффициента приведено в разделе 3.2.5.5 Оценка выбросов других газов, кроме CO₂.
- в соответствии с рекомендацией **E22** отчета о рассмотрении 2023 года, в разделе «3.2.5.3.5 – Выбросы от дорожного транспорта» приводится пояснение, что Потребление КПП автомобильным транспортом согласно данным Топливо-энергетического баланса приводится в категории 1.A.4.C «Сельское хозяйство/рыболовство/лесное хозяйство», поэтому в таблице ОТО указано специальное пояснение – выбросы учтены при выполнении других расчетов (“IE – included elsewhere”).

- в соответствии с рекомендацией **E23** отчета о рассмотрении 2023 года, в разделе «3.2.5.4 Другие секторы (1.А.4) и другие виды сжигания топлива, не учтенные ранее (1.А.5)» приводится пояснение, что ранее для 1992-1999, 2001 и 2004 и 2008 года в таблицах ОТО ошибочно приводились данные о выбросах ПГ в категории «Другие, не учтенные ранее источники» (1.А.5) для других ископаемых топлив. Потребление топлива согласно ТЭБ в эти годы для категории (1.А.5) не осуществлялось.
- в соответствии с рекомендацией **E22** отчета о рассмотрении 2023 года, в разделе «3.2.5.4 Другие секторы (1.А.4) и другие виды сжигания топлива, не учтенные ранее (1.А.5)» приводится пояснение, что структура ТЭБ не позволяет разделить потребление топлива в категории «Другие, не учтенные ранее источники» (1.А.5) для стационарного сжигания топлива и мобильного. Поэтому, все потребление топлива и, соответствующие выбросы ПГ отнесены в категорию 1.А.5.а стационарное сжигание топлива, а в таблице ОТО приводится обозначение, что выбросы учтены при выполнении других расчетов (“IE – included elsewhere”).
- с уточнением нетопливного использования угля в доменном производстве, нетопленом использовании кокса, мазута и природного газа в черной металлургии, был проведен пересчет потребления топлива в категории 1.А.2.а.
- в категории Другие сектора промышленности (1.А.2.г) выделена отдельно подкатегория Строительство в период 2008-2023 гг. За более ранний период.
- исправлена неточность оценки потребления топлива за 2022 год в подкатегории Основные производители электро- и тепло-энергии (1.А.1.а).
- исправлены неточности в потреблении Торфа в подкатегории потребление топлива населением (1.А.4.б) за период 1990-2007 гг.
- исправлена неточность оценки потребления жидких видов топлив за 2022 год в других секторах экономики неучтенных ранее (1.А.5).
- исправлена неточность оценки потребления топлива в подкатегории «Железнодорожный транспорт» (1.А.3.с) за 2022 год.
- в подкатегории Основные производители электро- и тепло-энергии (1.А.1.а) были пересчитаны выбросы ПГ от потребления жидких, твердых и газовых топлив вызванных корректировкой ТЭБ за 2021 и 2022 гг. а также торфа в 2021 г.
- в подкатегории Сжигание топлива при перегонке нефти (1.А.1.б) были пересчитаны выбросы ПГ от потребления жидких топлив вызванных корректировкой ТЭБ за 2022 г.
- в подкатегории Целлюлозно-бумажная промышленность (1.А.2.д) была исправлена неточность в потреблении жидких топлив за 2021 г.
- в подкатегории Другие виды промышленности (1.А.2.г.viii) были пересчитаны выбросы ПГ от потребления торфа, жидких, твердых, газовых и других топлив вызванных корректировкой ТЭБ за 2021 и 2022 гг.
- в подкатегории Железнодорожный транспорт (1.А.3.с) были пересчитаны выбросы ПГ от потребления жидких топлив вызванных корректировкой ТЭБ за 2021 и 2022 гг.
- в подкатегории Трубопроводный транспорт (1.А.3.е) были пересчитаны выбросы ПГ от потребления газовых топлив вызванных корректировкой ТЭБ за 2021 и 2022 гг.
- в подкатегории Коммерческое использование (1.А.4.а) были пересчитаны выбросы ПГ от потребления газовых топлив, в связи с незначительной корректировкой ТЭБ за 2021 г. А для 2022 годы были незначительные корректировки ТЭБ в потреблении газовых и твердых для подкатегорий 1.А.4.а и 1.А.4.б (Потребление населением).
- в подкатегории Потребление населением (1.А.4.б) были пересчитаны выбросы ПГ от потребления газовых топлив, в связи с корректировкой ТЭБ за 2021 г.
- в подкатегории Другое (1.А.5) были пересчитаны выбросы ПГ от потребления жидких, газовых, твердых топлив, вызванных корректировкой ТЭБ за 2021 и 2022 гг. А также в связи с уточнением потребления биогаза были пересчитаны выбросы ПГ за весь временной ряд (1990-2023).

3.3 Фугитивные выбросы от твердого и жидкого топлива и природного газа и другие выбросы от производства энергии (ОТО 1.В)

В разделе приведены расчетные оценки выбросов парниковых газов - CO₂, CH₄ и N₂O и газов, обладающих косвенным парниковым эффектом (NO_x, CO, SO₂ и НМЛОС (NMVOC), от утечек в атмосферу твердых, жидких и газообразных топлив с 1990 по 2023 гг. включительно.²⁴ В 2023 г. суммарные выбросы CO₂, CH₄ и N₂O составили 173 млн. т (173 024,2 Гг) CO₂-экв., что ниже уровня выбросов 1990 года на 40,5 %. В их составе преобладает метан, на долю которого в 2023 г. приходилось 61%. Доли диоксида углерода и оксида диазота составили 38,9% и менее 0,09% соответственно (рис. 3.34). Операции с нефтью и природным газом (1.В.2) доминируют в суммарном объеме выбросов от утечек и испарения топлив – 75,17%. В 2023 г. выбросы от нефтегазовой отрасли были на 32,5% ниже уровня 1990 года, выбросы от твердых топлив сократились на 56,16% (рис. 3.35). Выбросы газов с косвенным парниковым эффектом связаны с нефтегазовой отраслью. Величины выбросов NO_x, CO и SO₂ были на 7% ниже, чем в 1990 году, а выброс НМЛОС уменьшился на 5,5% – до 2,378 млн т (рис. 3.36).

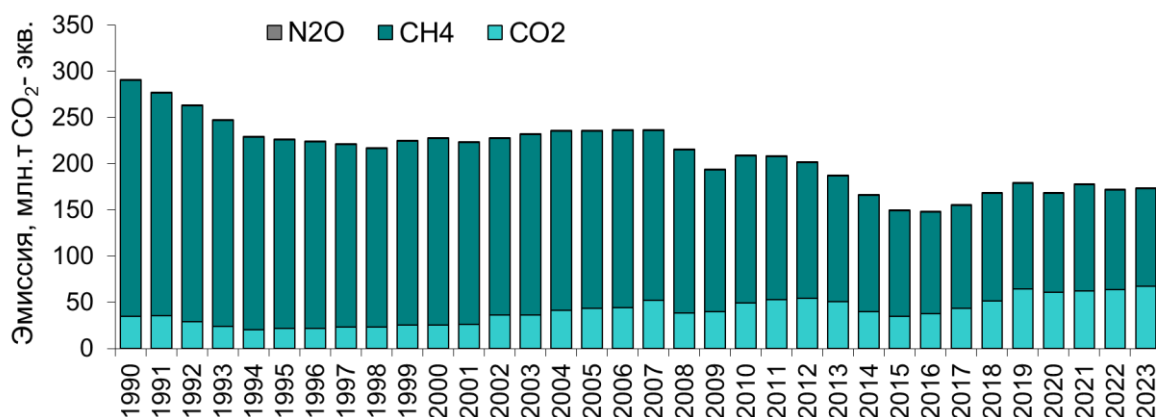


Рисунок 3.34 – Выбросы парниковых газов при утечках

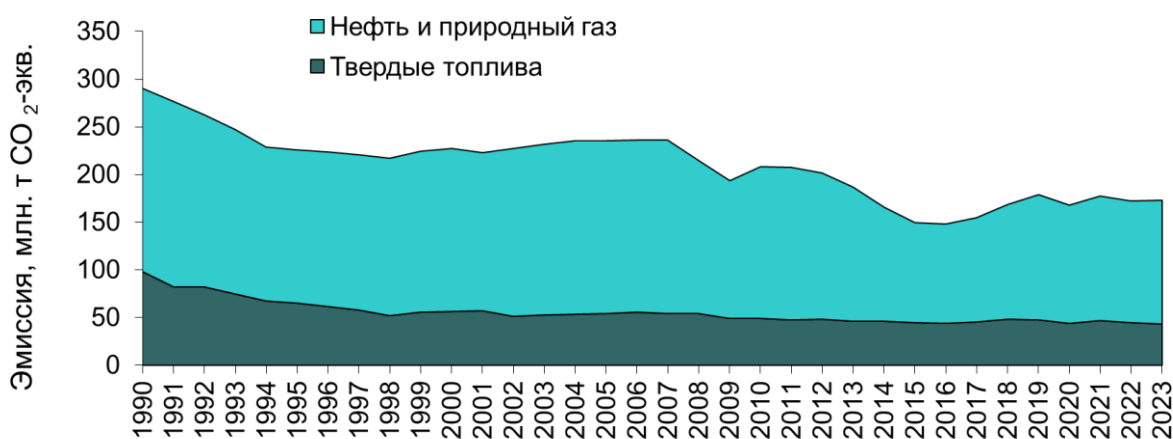


Рисунок 3.35 – Выбросы парниковых газов по основным категориям источников

²⁴Термин «утечки» обозначает все летучие выбросы, образующиеся при производственно-технологических операциях по извлечению, транспортировке и хранению топливно-энергетических ресурсов – угля, нефти, попутного нефтяного и природного газов (включая работу насосов, компрессоров, запорно-перепускной арматуры и др.), а также при удалении отходящих газов из производственной зоны и из установок подготовки нефти и природного газа.

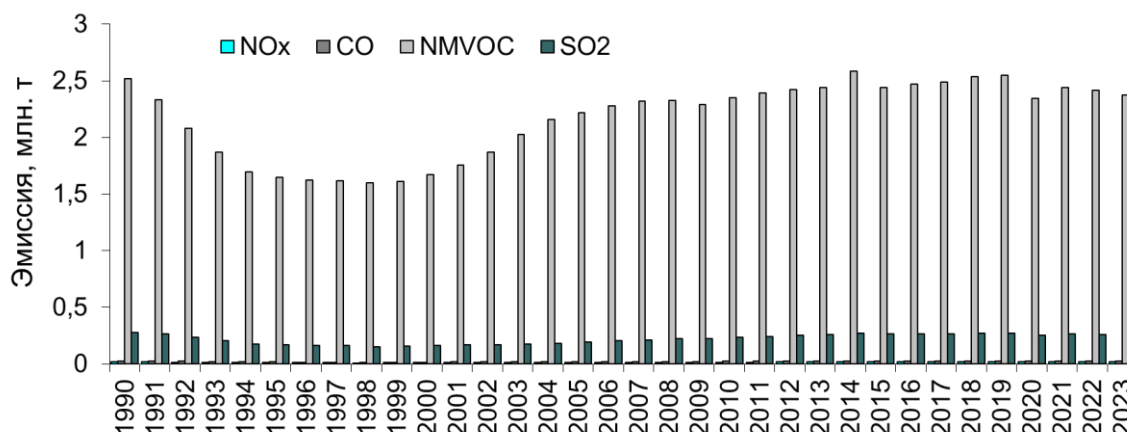


Рисунок 3.36 – Выбросы газов с косвенным парниковым эффектом в нефтегазовой отрасли

3.3.1 Твёрдые топлива (ОТО 1.В.1)

3.3.1.1 Оценка общих выбросов (1.В.1.а)

Добыча и последующие операции с углем (1.В.1.а)

Добыча и последующие операции с углем являются источниками выбросов CO_2 и CH_4 , которые первоначально содержатся в угольных пластах и прилегающих пустотах. Вскрытие и разработка угольных месторождений приводят к выделению CO_2 и CH_4 в атмосферу. CO_2 может поступать в атмосферу при низкотемпературном окислении, внезапном воспламенении добытого угля и при факельном сжигании CH_4 в процессе дегазации угольных шахт и пластов (МГЭИК, 2006).

В 2023 году совокупный выброс метана от добычи угля составил 1,5 млн т (1 534,54 Гг), что на 56,2% ниже, чем в 1990 году (рис. 3.37). Вклад добычи угля открытым способом в общий выброс метана от угледобычи составил 39%.

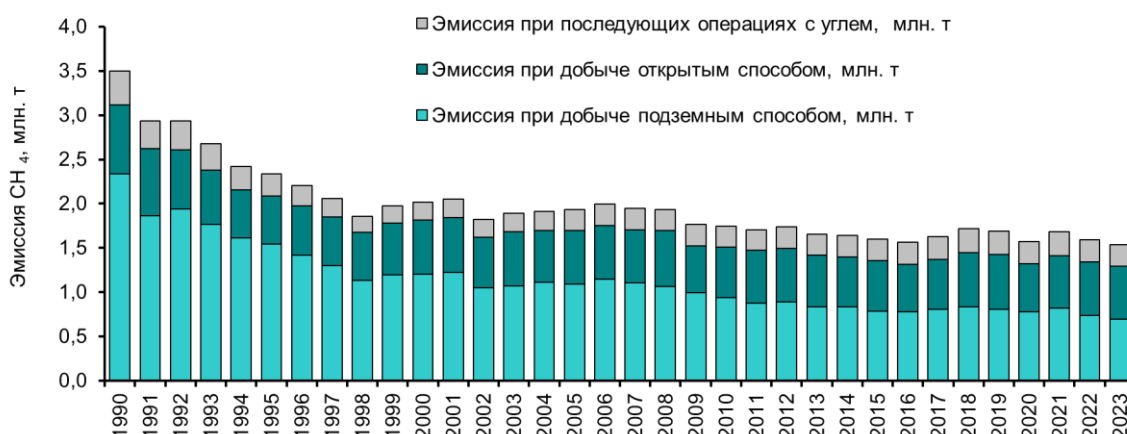


Рисунок 3.37 – Выбросы метана от добычи угля в Российской Федерации

3.3.1.2. Методологические вопросы

Исходные данные

Добыча угля из эксплуатируемых угольных бассейнов в 1990-2017 гг. велась подземным и открытым способами в 7 федеральных округах Российской Федерации», а с 2021 года в 4 федеральных округах – Северо-Западном, Южном, Сибирском и Дальневосточном (табл. 3.28). Статистическая отчетность о деятельности угледобывающей отрасли собирается и публикуется в соответствии с административно-территориальным делением (Российский статистический ежегодник, 2010; Российский статистический ежегодник, 2011 и др.). С 2010 года статистическая информация формируется в соответствии с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности (ОКПД). В ОКПД не предусмотрена детализация данных по способам добычи угля. Поэтому с 2011 года расчет выбросов метана при добыче и последующих операциях с углем выполняется по данным Минэнерго России и Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса» (ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России).²⁵

Таблица 3.28

Угледобыча в Российской Федерации в 2023 году

| Федеральный округ | Угольные бассейны |
|---|--|
| Добыча подземным способом (1.В.1.А.1) | |
| Северо-Западный | Печорский |
| Южный | Донецкий |
| Сибирский | Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский и Тунгусский |
| Дальневосточный | Беринговский, Буреинский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский и Южно-Уссурийский |
| Добыча угля открытым способом (1.В.1.А.2) | |
| Северо-Западный | Печорский |
| Сибирский | Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский, Тунгусский и Улукхемский |
| Дальневосточный | Буреинский, Западно-Камчатский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский, Южно-Уссурийский и Южно-Якутский |

Расчёты

Выбросы CH_4 рассчитывали для подземной и открытой добычи угля по формулам 3.9 и 3.10, соответственно. Данные формулы соответствуют уровню 2 (МГЭИК, 2006):

$$E_{\text{CH}_4} = \sum (AD_r \times EF_{cs} \times CF_{\text{CH}_4}); \quad (3.9)$$

где: E_{CH_4} – величина выброса CH_4 , Гг; AD_r – годовой объем добычи угля в зависимости от региона добычи, 10^6 т; EF_{cs} – коэффициент эмиссии CH_4 в зависимости от региона добычи, $\text{м}^3 \text{т}^{-1}$; CF_{CH_4} – коэффициент пересчета объемных долей CH_4 в весовые ($0,67 \cdot 10^{-6}$ Гг м^{-3} при плотности в условиях $T = 20^\circ \text{C}$ и давлении 1 атм. по (МГЭИК, 2006))

²⁵<http://www.cdu.ru>

Также, следует учитывать, что при оценке выбросов метана от добычи угля подземным способом из эмиссии метана вычитается тот объём выбросов, который был сожжён для получения тепло и/или электроэнергии. Объём шахтного метана, утилизированный с целью получения тепло и/или, электроэнергии приведён в таблице 3.3

3.3.1.3 Добыча угля подземным способом (1.В.1.а.1)

Выбросы (1.В.1.а.1)

Выбросы метана при добыче угля подземным способом

Расчетные значения эмиссии CH_4 при добыче угля подземным способом приведены на рисунке 3.38. Значения выбросов приведены с учетом улавливания и утилизации (сжигания) метана (табл. 3.30). В 2023 г. эмиссия CH_4 составила 0,698 млн т (697,96 Гг) или 30% уровня 1990 года.

Динамика выбросов метана при добыче угля подземным способом обусловлена изменениями в интенсивности угледобычи из-за экономической рецессии и последовавшей за ней реструктуризацией угольной отрасли (табл. 3.29), модернизацией оборудования шахт, внедрением новых стандартов угледобычи, интенсификацией и расширением дегазации, закрытием шахт с высоким содержанием метана в угольных пластах, а также утилизацией удаляемого из шахт метана (табл. 3.30).

Выбросы диоксида углерода при добыче угля подземным способом

Руководящие принципы МГЭИК упоминают о наличии CO_2 в угольных пластах и прилегающих к ним пустотах, но не содержат методологии и параметров для количественной оценки его выбросов (МГЭИК, 2006). Соответственно выполнить расчет выбросов CO_2 при добыче угля подземным способом не представляется возможным. В настоящее время производится оценка возможности сбора информации по факельному сжиганию угольного метана в Российской Федерации за весь временной ряд. В кадастре учитывался метан, извлеченный при дегазации угольных шахт и пластов, который сжигается в целях получения тепла и энергии и образующийся при этом CO_2 учитывается в подразделе 1.А (Сжигание топлив). Поэтому при представлении информации о выбросах CO_2 в соответствующих таблицах ОТО были использованы условные обозначения «IE» и «NA».

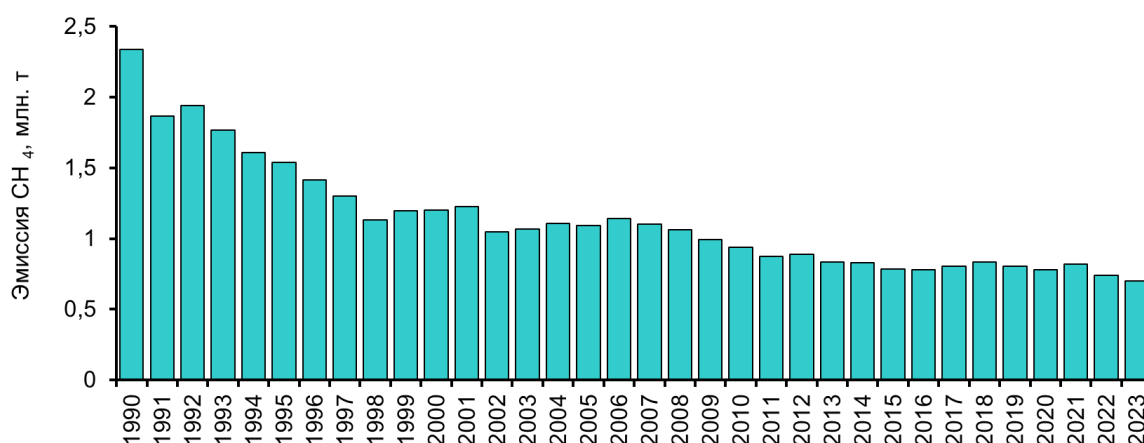


Рисунок 3.38 – Выбросы метана при добыче угля подземным способом

Выбросы метана от последующих операций с углем, добытым подземным способом

Расчетные значения эмиссии CH_4 при последующем обращении с углем, добытым подземным способом, приведены на рисунке 3.39. В 2023 году эмиссия метана составила 192,47 тыс. т. Доля последующих операций с углем составляет 22% общих выбросов CH_4 от подземной угледобычи.

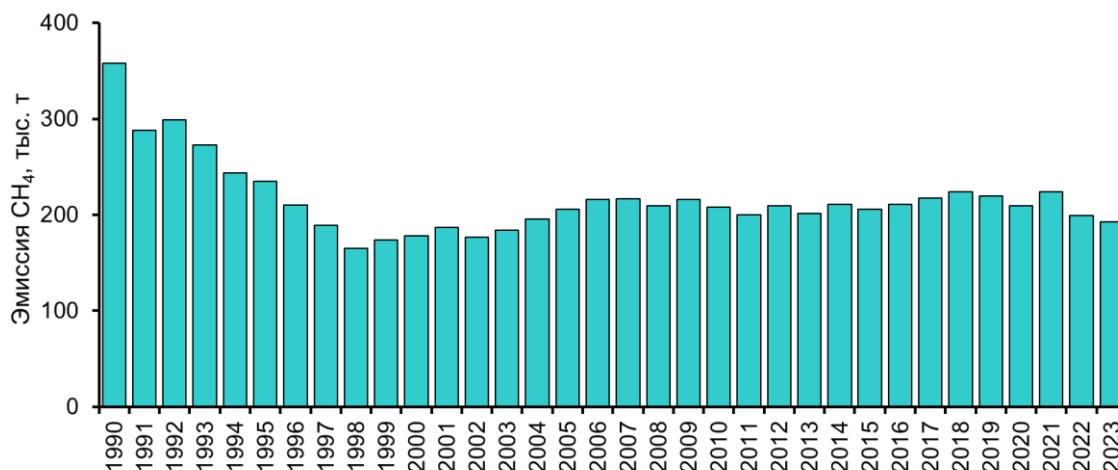


Рисунок 3.39 – Выбросы CH₄ от последующего обращения с углем, добытым подземным способом

Выбросы диоксида углерода от последующих операций с углем, добытым подземным способом

Руководящие принципы МГЭИК упоминают о возможном выделении диоксида углерода в процессе окисления и внезапного возгорания извлеченного из шахт угля, но не содержат методологии и параметров для количественной оценки этих выбросов (МГЭИК, 2006). Соответственно выполнить расчет выбросов CO₂ от последующих операций с углем, добытым подземным способом, не представляется возможным. Поэтому при представлении информации о выбросах CO₂ в таблицах ОТО были использованы условные обозначения «NE».

Выбросы из выработанных и закрытых угольных шахт (1.B.1.a.1.iii)

В Российской Федерации при консервации выработанных и закрывающихся угольных шахт предусмотрено обязательное их затопление водой. Эта операция выполняется в целях безопасности, чтобы исключить образование и последующий выброс метана в атмосферу. Согласно Руководящим принципам МГЭИК, затопленные угольные шахты не являются источниками метана и диоксида углерода (МГЭИК, 2006). Соответственно оценка выбросов из выработанных и закрытых угольных шахт не выполнялась. При представлении информации о выбросах CO₂ и CH₄ в таблицах ОТО были использованы условные обозначения «NO».

3.3.1.3.1 – Методологические вопросы (1.B.1.a.1)

Исходные данные (1.B.1.a.1)

Данные о годовой добыче угля подземным способом приведены в таблице 3.29. Большая часть подземной угледобычи осуществляется в Северо-Западном, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Сокращение добычи в Центральном, Северо-Западном, Приволжском и Уральском федеральных округах связано с ее низкой экономической эффективностью и замещением угля природным газом на объектах теплоэнергетики. В 2023 г. добыча угля подземным способом снизилась на 44,5% по сравнению с уровнем 1990 года и составила 22,6% совокупной угледобычи в Российской Федерации.

Таблица 3.29

Добыча угля подземным способом в Российской Федерации

| Годы | Добыча по федеральным округам, млн. т | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------|------------------|-----------|-----------|-----------------|
| | Центральный | Северо-Западный ⁽²⁾ | Южный | Приволжский | Уральский | Сибирский | Дальневосточный |
| 1990 | 10,9 | 29,3 | 28,9 | 3,20 | 8,2 | 84,1 | 10,8 |
| 1995 | 2,4 | 22,2 | 19,5 | 1,23 | 3,3 | 54,9 | 6,5 |
| 2000 | 0,7 | 18,4 | 9,7 | 0,02 | 2,3 | 55,6 | 2,9 |
| 2005 | 0,3 | 12,7 | 7,7 | – ⁽²⁾ | 1,3 | 77,9 | 3,2 |
| 2010 ⁽³⁾ | – | 13,1 | 4,7 | – | 0,1 | 79,9 | 4,1 |
| 2012 ⁽⁴⁾ | – | 13,0 | 5,6 | – | 0,1 | 80,2 | 6,7 |
| 2013 ⁽⁴⁾ | – | 13,2 | 4,7 | – | 0,03 | 77,5 | 5,7 |
| 2014 ⁽⁴⁾ | – | 12,3 | 5,9 | – | – | 81,6 | 5,4 |
| 2015 ⁽⁴⁾ | – | 13,9 | 5,2 | – | – | 78,6 | 5,9 |
| 2016 ⁽⁴⁾ | – | 10,0 | 4,2 | – | – | 82,4 | 5,8 |
| 2017 ⁽⁴⁾ | – | 8,3 | 5,8 | – | – | 85,8 | 5,5 |
| 2018 ⁽⁴⁾ | – | 9,3 | 5,3 | – | – | 88,4 | 5,2 |
| 2019 ⁽⁴⁾ | – | 9,6 | 5,4 | – | – | 86,4 | 5,7 |
| 2020 ⁽⁴⁾ | – | 10 | 5,5 | – | – | 81,6 | 6 |
| 2021 ⁽⁴⁾ | – | 8,5 | 7,1 | – | – | 84,7 | 12,5 |
| 2022 ⁽⁴⁾ | | 9,6 | 5,96 | | | 72,8 | 14,3 |
| 2023 ⁽⁴⁾ | | 6,95 | 5,34 | | | 71,1 | 14,2 |

¹⁾ Из данных угледобычи по Северо-Западному федеральному округу исключена Мурманская область, где подземная добыча угля осуществляется вне территории России.

⁽²⁾ Прочерк означает, что угледобыча прекращена.

⁽³⁾ Получено ИГКЭ расчетным путем по данным о добыче угля с 1990 по 2009 гг. включительно.

⁽⁴⁾ Данные Минэнерго России, ЦДУ ТЭК – филиала ФГБУ «РЭА» Минэнерго России.

Разработка угольных пластов сопровождается высвобождением и поступлением в подземные горные выработки метана (Газоносность, 1979; Малышев, Айруни, 1999). По данным о метаноносности пластов, разрабатывавшихся в угольных бассейнах страны с 1990 по 2005 гг. включительно, были определены национальные коэффициенты эмиссии метана (EF_{CS}) при добыче угля подземным способом, которые были применены для оценки выбросов до 2000 года (табл. 3.28) (Тайлаков, 2009). Однако с 2000 года, в связи с внедрением новых стандартов (ИТС 37-2017, 2017 и ИТС 37-2023, 2023), усовершенствованием технологий добычи, усилением мер контроля за безопасностью горных работ, и обновлением оборудования, которое позволило начать проводить интенсивную дегазацию пластов, в том числе и предварительную, повысилось качество и снизилась углеродоёмкость добычи угля. Учитывая это, на основании данных угледобывающих компаний, в 2022 году были разработаны новые национальные коэффициенты от добычи и последующих операций с углём, применённые для оценки выбросов с 2017 года. Работа выполнялась по контракту с Минэнерго России.

Более подробное описание использованных источников литературы и процесса разработки коэффициентов выбросов от добычи угля приведено в приложении V.1.

Удаление и последующая утилизация шахтного метана при добыче угля подземным способом

Из угольных пластов и подземных шахт метан удаляется при помощи дегазации и принудительной вентиляции. Утилизация CH_4 выполняется в основном на шахтах Печорского угольного бассейна (Северо-Западный федеральный округ), а с 2010 года – на шахтах Кузнецкого угольного бассейна (Сибирский федеральный округ). Динамика утилизации метана приведена в таблице 3.30. С 1990 по 2007 гг. данные предоставлены угледобывающими компаниями, а с 2008 по настоящее время – Ростехнадзором. До 2009 г. применение дегазации на угольных шахтах Российской Федерации было не обязательным. В 2009 г. вступили в силу «Методические рекомендации о по-

рядке дегазации угольных шахт». В 2011 г. Правительство Российской Федерации приняло Постановление № 315 «О допустимых нормах содержания взрывоопасных газов (метана) в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной», согласно которому дегазация угольного пласта обязательна, когда его природная метаносность превышает $13 \text{ м}^3 \text{ т}^{-1}$ сухой беззольной массы. В 2024 году было принято постановление Правительства Российской Федерации от 11.03.2024 № 282, с введением которого выше упомянутое Постановление №315 утратило силу с 01.09.2024. Приказом Ростехнадзора от 23.06.2022 № 195 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах», утвержденные приказом Ростехнадзора от 8 декабря 2020 г. № 507» природная метаносность угольных пластов, при которой необходима дегазация выработанного пространства и отрабатываемого угольного пласта, была снижена с $13 \text{ м}^3/\text{т}$ до $9 \text{ м}^3/\text{т}$. Принятые нормативно-правовые документы способствовали введению дополнительных мер по контролю газоносности пласта при угледобыче.

Таблица 3.30

Утилизация метана на шахтах (величина утилизированного CH_4 при концентрации 100%, тыс. т)

| Годы | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Объем утилизации | 25,21 | 20,35 | 21,38 | 55,57 | 78,77 | 73,45 | 78,37 | 85,85 |
| Годы | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Объем утилизации | 61,78 | 48,98 | 51,29 | 65,04 | 54,23 | 57,15 | 50,29 | 50,29 |

3.3.1.3.2 – Коэффициенты выбросов и расчёты (1.В.1.а.1)

В таблицах 3.31 и 3.32 приведены коэффициенты для оценки выбросов парниковых газов в категории 1.В.1.а.1. Для периода до 2001 г. использовались ранее разработанные национальные коэффициенты (Тайлаков и др. 2009), для периода после 2016 г. – вновь разработанные (Бердин и др. 2024, Миронов и др., 2024), для 2001-2016 гг. коэффициенты были получены методом линейной интерполяции.

Операции по извлечению угля при добыче подземным способом

Таблица 3.31

Коэффициенты эмиссии CH_4 при добыче угля подземным способом (EF_{CS})

| Федеральный округ | Угольные бассейны | Величина EF_{CS} , $\text{м}^3 \cdot \text{т}^{-1}$ | |
|-------------------|---|--|------------------|
| | | 1990-2000 годы | 2017 год и далее |
| Центральный | Подмосковный | 8,0 | |
| Северо-Западный | Печорский | 32,1 | 14,2 |
| Южный | Донецкий | 28,4 | 1 |
| Приволжский | Кизеловский | 13,8 | |
| Уральский | Махневско-Каменский и Челябинский | 13,8 | |
| Сибирский | Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский и Тунгусский | 15,7 | 13 |
| Дальневосточный | Беринговский, Буреинский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский и Южно-Уссурийский | 18,9 | 6,2 |

Таблица 3.32

Коэффициенты эмиссии CH₄ при последующем обращении с углем, добытым подземным способом (EF_{CS}): Тайлаков и др. 2009, Бердин В.Х. и др. 2024

| Федеральный округ | Угольные бассейны | Величина EF _{CS} , м ³ • т ⁻¹ | |
|-------------------|---|--|------------------|
| | | 1990-2000 годы | 2017 год и далее |
| Центральный | Подмосковный | 0,6 | |
| Северо-Западный | Печорский | 1,1 | 1,4 |
| Южный | Донецкий | 7,3 | 0,3 |
| Приволжский | Кизеловский | 0,6 | |
| Уральский | Махневско-Каменский и Челябинский | 0,6 | |
| Сибирский | Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский и Тунгусский | 3,0 | 3,5 |
| Дальневосточный | Беринговский, Буреинский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский и Южно-Уссурийский | 2,6 | 1,9 |

Последующие операции с углём, добытым подземным способом

Последующее обращение с углем, добытым подземным способом, включает его складирование на поверхности и последующую транспортировку. Расчет выбросов CH₄ от последующего обращения с углем, добытым подземным способом, выполнялся по формуле 3.9, соответствующей уровню 2 (МГЭИК, 2006). По данным о метаноносности пластов, разрабатывавшихся в угольных бассейнах страны с 1990 по 2005 гг. включительно, для каждого из федеральных округов были определены национальные коэффициенты эмиссии CH₄ (EF_{CS}) (табл. 3.32). При их расчете, наряду с известными данными метаноносности угольных пластов, также учитывался вклад пластов-спутников (МГЭИК, 2006), величина которого была принята 10% для Печорского угольного бассейна, где применяется предварительная дегазация угольных пластов, и 30% для всех других бассейнов (Газоносность угольных бассейнов, 1979). Также, в 2022 году вместе с новыми национальными коэффициентами выбросов от извлечения подземного угля были разработаны аналогичные параметры для последующих операций с углём, добытым подземным способом, более подробная информация приведена в приложении V.1.

3.3.1.4 Добыча угля открытым способом (1.В.1.а.2)

Выбросы (1.В.1.а.2)

Выбросы метана при добыче угля открытым способом

Результаты расчетов показывают, что в 2023 г. эмиссия метана при добыче угля открытым способом составила 598,42 тыс. т (Гг), что на 23% меньше уровня 1990 г. (рис. 3.40).

Выбросы диоксида углерода при добыче угля открытым способом

Руководящие принципы МГЭИК упоминают о наличии CO₂ в угольных пластах и прилегающих к ним пустотах, но не содержат методологии и параметров для количественной оценки его выбросов (МГЭИК, 2006). Соответственно выполнить расчет выбросов диоксида углерода при добыче угля открытым способом не представляется возможным. Поэтому при представлении информации о выбросах CO₂ в соответствующих таблицах ОТО были использованы условные обозначения «NE».

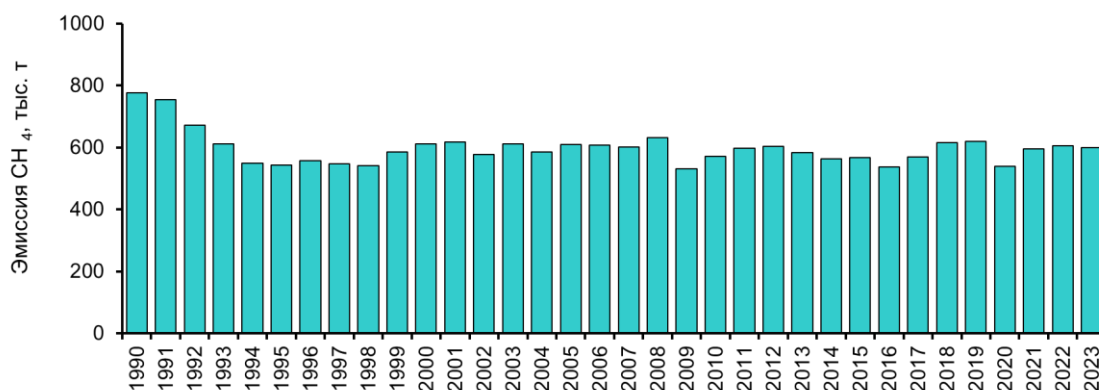


Рисунок 3.40 – Выбросы CH₄ от добычи угля открытым способом

Выбросы метана от последующих операций с углем, добытым открытым способом

Расчетные значения эмиссии CH₄ при последующем обращении с углем, добытым открытым способом, приведены на рисунке 3.41. В 2023 году эмиссия CH₄ составила 45,69 тыс. т.

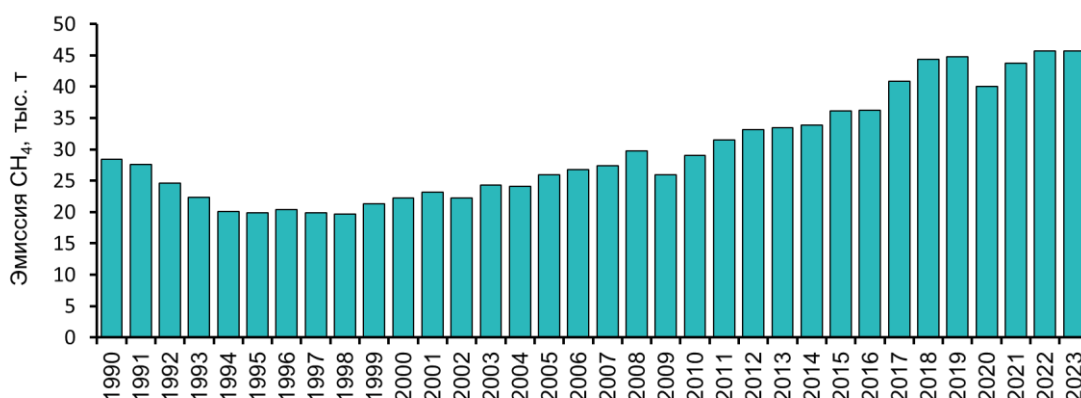


Рисунок 3.41 – Выбросы CH₄ от последующего обращения с углем, добытым открытым способом

Выбросы диоксида углерода от последующих операций с углем, добытым открытым способом

Руководящие принципы МГЭИК упоминают о возможном выделении диоксида углерода в процессе окисления и внезапного возгорания извлеченного угля, но не содержат методологии и параметров для количественной оценки этих выбросов (МГЭИК, 2006). Соответственно выполнить расчет выбросов CO₂ от последующих операций с углем, добытым открытым способом, не представляется возможным. Поэтому при представлении информации о выбросах CO₂ в таблицах ОТО были использованы условные обозначения «NE».

Преобразование твердых топлив и другие операции (1.B.1.b и 1.B.1.c)

Расчеты выбросов парниковых газов от преобразования твердых топлив и других операций с твердыми топливами не выполнялись в связи с отсутствием соответствующей методологии МГЭИК (МГЭИК, 2006). Соответственно в таблицах 1.B.1.b и 1.B.1.c ОТО использованы условные обозначения «NE» и «NA».

3.3.1.4.1 – Методологические вопросы (1.В.1.а.2)

Исходные данные (1.В.1.а.2)

Добыча угля открытым способом ведется в трёх федеральных округах (табл. 3.33). В 2023 г. открытым способом было добыто на 55,4% угля больше, чем в 1990 году. Доля угля, добытого открытым способом, составила 77,7% общей угледобычи в Российской Федерации, что объясняется более высокой рентабельностью разработки открытых угольных месторождений. Расчеты CH_4 выполнялись по формуле 3.9, соответствующей уровню 2 (МГЭИК, 2006). По данным о метаноносности пластов открытых выработок (разрезов), разрабатывавшихся с 1990 по 2005 гг. включительно, были определены национальные коэффициенты эмиссии метана (EF_{CS}) для каждого федерального округа (табл. 3.34), которые были применены в расчётах до 2000 года. При разработке учитывался марочный состав газоносность и глубину залегания углей, добываемых на отдельных разрезах, а также, в соответствии с рекомендацией МГЭИК, использовался повышающий коэффициент для учета дополнительной эмиссии метана из пластов-спутников (Газоносность угольных бассейнов, 1979; МГЭИК, 2006). Также, для открытой добычи угля были разработаны новые национальные коэффициенты применённые для оценки временного ряда с 2017 года. Более подробная информация о коэффициентах приведена в приложении V.1.

Таблица 3.33

Добыча угля открытым способом в Российской Федерации

| Годы | Объем добычи по федеральным округам, млн. т | | | | | |
|---------------------|---|------------------|-------------|-----------|-----------|------------------|
| | Центральный | Северо-Западный | Приволжский | Уральский | Сибирский | Дальне-восточный |
| 1990 | 2,4 | — ⁽¹⁾ | 4,1 | 8,4 | 165,6 | 39,0 |
| 1995 | 1,2 | — | 1,5 | 5,7 | 116,5 | 27,3 |
| 2000 | 0,1 | — | 0,1 | 4,4 | 138,1 | 25,5 |
| 2005 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 3,3 | 162,0 | 29,3 |
| 2010 ⁽²⁾ | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 1,7 | 190,9 | 27,2 |
| 2012 ⁽²⁾ | 0,2 | 0,6 | 0,5 | 1,8 | 217,3 | 28,5 |
| 2013 ⁽²⁾ | 0,3 | 0,7 | 0,6 | 1,7 | 220,1 | 27,5 |
| 2014 ⁽²⁾ | 0,3 | 0,8 | 0,6 | 1,5 | 222,0 | 28,6 |
| 2015 ⁽²⁾ | 0,3 | 0,7 | 0,2 | 1,1 | 233,8 | 34,3 |
| 2016 ⁽²⁾ | 0,3 | 0,7 | 0,0 | 1,0 | 232,7 | 36,5 |
| 2017 ⁽²⁾ | 0,2 | 0,7 | 0,2 | 0,7 | 240,5 | 63,4 |
| 2018 ⁽²⁾ | 0,2 | 0,7 | 0,03 | — | 261,2 | 68,9 |
| 2019 ⁽²⁾ | 0,2 | 0,6 | — | — | 262,3 | 71,2 |
| 2020 ⁽²⁾ | 0,1 | 0,3 | — | — | 225,6 | 73 |
| 2021 ⁽²⁾ | — | 0,3 | — | — | 250,9 | 75,3 |
| 2022 ⁽²⁾ | — | 0,2 | — | — | 252,7 | 87,9 |
| 2023 ⁽²⁾ | — | 0,2 | — | — | 247,9 | 92,9 |

⁽¹⁾ Прочерк означает, что угледобычи не было или она прекращена.⁽²⁾ «Данные Минэнерго России и ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России»

3.3.1.4.2 – Коэффициенты выбросов расчёты (1.В.1.а.2)

В таблицах 3.34 и 3.35 приведены коэффициенты для оценки выбросов парниковых газов в категории 1.В.1.а.2. Для периода до 2001 г. использовались ранее разработанные национальные коэффициенты (Тайлаков и др. 2009), для периода после 2016 г. – вновь разработанные (Бердин и др. 2024, Миронов и др., 2024), для 2001-2016 гг. коэффициенты были получены методом линейной интерполяции.

Операции по извлечению угля при добыче открытым способом

Таблица 3.34

Коэффициенты эмиссии CH_4 при добыче угля открытым способом (EF_{CS})

| Федеральный округ | Угольные бассейны | Величина EF_{CS} , $m^3 \cdot t^{-1}$ | |
|-------------------|--|---|------------------|
| | | 1990-2000 годы | 2017 год и далее |
| Центральный | Подмосковный | 2,0 | |
| Северо-Западный | Печорский | 6,0 | 3,5 |
| Приволжский | Урало-Каспийский и Южно-Уральский | 2,0 | |
| Уральский | Махневско-Каменский и Челябинский | 2,0 | |
| Сибирский | Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский, Тунгусский и Улухемский | 5,5 | 3,3 |
| Дальневосточный | Буреинский, Западно-Камчатский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский, Южно-Уссурийский и Южно-Якутский | 5,6 | 0,8 |

Таблица 3.35

Коэффициенты эмиссии для расчета выбросов CH_4 от последующих операций с углем, добытым открытым способом (МГЭИК, 2006)

| Федеральный округ | Угольные бассейны | Величина EF_{CS} , $m^3 \cdot t^{-1}$ |
|-------------------|--|---|
| Центральный | Подмосковный | 0,1 |
| Северо-Западный | Печорский | 0,2 |
| Приволжский | Урало-Каспийский и Южно-Уральский | 0,1 |
| Уральский | Махневско-Каменский и Челябинский | 0,1 |
| Сибирский | Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский, Тунгусский и Улухемский | 0,2 |
| Дальневосточный | Буреинский, Западно-Камчатский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский, Южно-Уссурийский и Южно-Якутский | 0,2 |

3.3.2 Нефть и природный газ (ОТО 1.B.2)

3.3.2.1 Оценка общих выбросов

В разделе приведены оценки выбросов парниковых газов (CO_2 , CH_4 и N_2O) и газов с косвенным парниковым эффектом (NO_x , CO , NMVOC и SO_2) при бурении, опробовании и обслуживании действующих нефтяных скважин, опробовании и обслуживании газовых скважин, добыче и подготовке, и магистральной транспортировке нефти и природного газа, а также при первичной переработке нефти, газораспределении и факельном сжигании. Распределение выбросов по категориям источников представлено в таблице 3.36. Тенденции общих эквивалентных выбросов парниковых газов приведены на рисунках 3.42 и 3.43. Величины выбросов газов с косвенным парниковым эффектом приведены на рисунке 3.36. В выбросах парниковых газов преобладает метан – его вклад в совокупную эмиссию от нефтегазовой отрасли Российской Федерации в среднем составляет 72,3 %. В 2023 г. значение выбросов парниковых газов составляло 130,06 млн т (130 056,89 Гг) CO_2 -экв., что на 32,48% ниже уровня 1990 года (рис. 3.43). Из рисунка 3.43 видно, что наибольший вклад дают выбросы при операциях с природным газом (в среднем 58,3% общего выброса по отрасли).

Таблица 3.36

*Категории антропогенных источников парниковых газов
при операциях с нефтью и природным газом*

| Категория источников выбросов | Парниковые газы | Таблица ОТО |
|--|--|-------------------|
| Операции с нефтью | | 1.B.2.a |
| Бурение, опробование и обслуживание действующих нефтяных скважин | CO_2 , CH_4 , N_2O | 1.B.2.a.1 |
| | NMVOC | 1.B.2.a |
| Добыча | CO_2 , CH_4 | 1.B.2.a.2 |
| | NMVOC | 1.B.2.a |
| Транспорт | CO_2 , CH_4 | 1.B.2.a.3 |
| | NMVOC | 1.B.2.a |
| Первичная переработка (перегонка) и хранение | CH_4 | 1.B.2.a.4 |
| | NO_x , CO , NMVOC и SO_2 | 1.B.2.a |
| Операции с газовым конденсатом | | 1.B.2.a |
| Добыча | CO_2 , CH_4 | IE (1.B.2.b.2) |
| | NMVOC | IE (1.B.2.b) |
| Транспортировка | CO_2 , CH_4 | 1.B.2.a.6 |
| | NMVOC | 1.B.2.a |
| Операции с природным газом | | 1.B.2.b |
| Опробование и обслуживание действующих газовых скважин | CO_2 , CH_4 | IE (1.B.2.b.2) |
| Добыча | CO_2 , CH_4 | 1.B.2.b.2 |
| | NMVOC | 1.B.2.b |

Продолжение таблицы 3.36

| Категория источников выбросов | Парниковые газы | Таблица ОТО |
|--|--|-------------------------------|
| Подготовка | CO ₂ , CH ₄ | IE (1.B.2.b.2) |
| | NM VOC | 1.B.2.b |
| Транспорт и хранение | CO ₂ , CH ₄ | 1.B.2.b.4 |
| | NM VOC | 1.B.2.b |
| Распределение | CO ₂ , CH ₄ | 1.B.2.b.5 |
| | NM VOC | 1.B.2.b |
| Продувка и отведение газов | | 1.B.2.c.1 |
| Нефть | CO ₂ , CH ₄ | IE (1.B.2.a.2) |
| | NM VOC | 1.B.2.a |
| Природный газ | CO ₂ , CH ₄ | IE (1.B.2.b.2 и 1.B.2.b.4) |
| | NM VOC | 1.B.2.b |
| Сжигание на факелах при добыче и первичной переработке | | 1.B.2.c.2 |
| Попутный (нефтяной) газ | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | 1.B.2.c.2.i |
| Природный газ | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | 1.B.2.C.2.ii |
| | NM VOC | 1.B.2.b |

Примечания: В таблице 1.B.2.a ОТО приведена сумма величин выбросов NM VOC от всех операций с нефтью, включая продувки и газоотведение.

Если величины выбросов представлены в виде суммы нескольких категорий источников, напротив соответствующих категорий приведено условное обозначение «IE» (Учтено при выполнении других расчетов). Категория источников, в которой представлена сумма выбросов, указана в скобках.

В таблице 1.B.2.b ОТО приведена сумма величин выбросов NM VOC от всех операций с природным газом, включая сжигание при добыче, подготовке, продувки и газоотведение, а также операции по добыче и подготовке газового конденсата.

Выбросы CO₂, CH₄ и N₂O от сжигания природного газа для собственных нужд предприятий учтены в подразделе 3.3.2.5

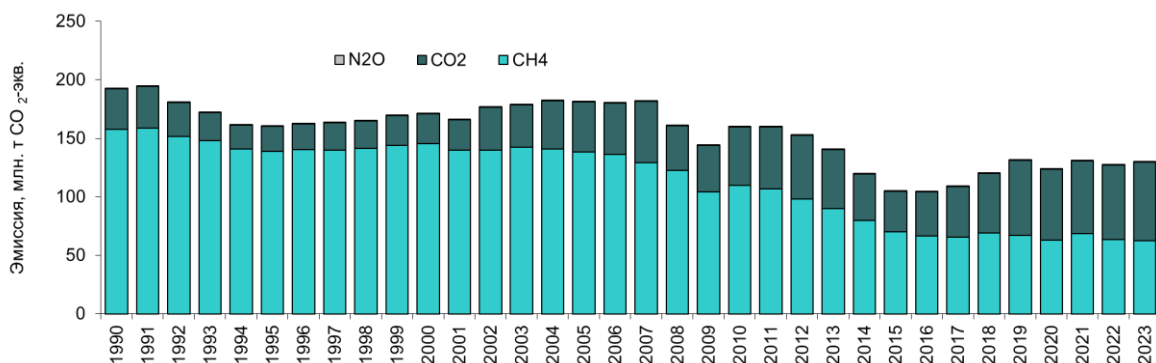


Рисунок 3.42 – Совокупный выброс парниковых газов в нефтегазовой отрасли РФ

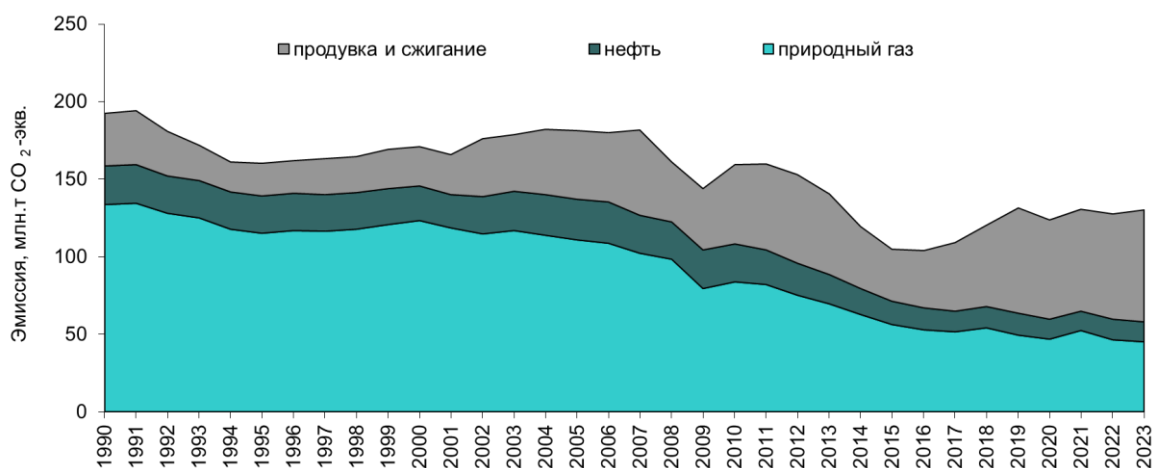


Рисунок 3.43 – Динамика выбросов в нефтегазовой отрасли РФ

3.3.2.2 Общие методологические вопросы

Исходные данные

В качестве исходных для расчета выбросов от операций с нефтью и природным газом использованы данные государственной статистической отчетности, а также данные, предоставленные профильными ведомствами, приведенные в таблицах 3.37, 3.39 и 3.43 (Российский статистический ежегодник, 2009; Российский статистический ежегодник, 2014; Российский статистический ежегодник, 2024; Промышленность России, 2008, Промышленность России, 2014 и др.).

3.3.2.2.1 – Коэффициенты выбросов парниковых газов и расчёты

В целом, выбросы от всех категорий 1.В.2 рассчитывали по формуле 3.10 (МГЭИК, 2006):

$$E_{\text{газ, сегмент отрасли}} = A_{\text{сегмент отрасли}} \cdot EF_{\text{газ, сегмент отрасли}}, \quad (3.10)$$

где: $E_{\text{газ, сегмент отрасли}}$ – величина годовой эмиссии, Гг;

$A_{\text{сегмент отрасли}}$ – величина данных о деятельности (например, объем добычи нефти), единиц деятельности;

$EF_{\text{газ, сегмент отрасли}}$ – коэффициент эмиссии, Гг на единицу деятельности.

В расчётах выбросов применялись коэффициенты уровня 1., приведённые в Руководящих принципах МГЭИК 2006 и национальные коэффициенты 2 уровня.

Для оценки выбросов от отдельных категорий источников российской нефтегазовой отрасли нефтегазового сектора применяются следующие национальные коэффициенты эмиссии CO_2 и CH_4 :

- старые и новые коэффициенты выбросов парниковых газов при утечках и продувках при добыче и подготовке, и факельном сжигании природного газа. Данные исследования выполнялись по заказу Минэнерго России в 2016 году и в рамках государственного проекта ВИП ГЗ в 2024 г.;
- коэффициенты выбросов при утечках и продувках при транспортировке природного газа по магистральным трубопроводам на основании данных исследований 1997 г. и данных газовых компаний за период с 2010 по 2018 г. и с 2019 по 2022 г.;

- коэффициенты выбросов от сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках. Значения полученных коэффициентов разработаны на основе данных о средневзвешенном среднесуточном составе сжигаемого попутного нефтяного газа в Российской Федерации;
- В рамках государственного проекта ВИП ГЗ разработаны национальные коэффициенты выбросов при утечках и продувках при добыче и подготовке нефти. Национальные коэффициенты получены для периода с 2019 по 2021 г. на основе данных о средневзвешенном составе добываемого ПНГ и данных о выбросах загрязняющих веществ на представительной выборке нефтедобывающих месторождений.

Национальные коэффициенты учитывают стандартные условия, принятые в российской нефтегазовой отрасли, и получены на основе опубликованных данных литературы, результатов специальных исследований (Назаров и др., 1992; Векилов и др., 1992; Dedikov et al., 1999; Эмиссии парникового газа, 2005; IEA, 2006, Уварова и др., 2017, Метан и климатические изменения, 2022, Попов и др., 2021, Данные ПАО «Газпром» за 2012-2021 г., Ишков А.Г. и др., 2024). Описание разработанных коэффициентов приведено в приложении V.2.

Более подробная информация об используемых коэффициентах по каждой категории 1.B.2 приведена в разделах 3.3.2.3.2.2 ; 3.3.2.4.2.2 ; и 3.3.2.5.2.2.

3.3.2.3. Утечки при операциях с нефтью (ОТО 1.B.2.a)

Выбросы

Расчетные значения выбросов CO₂, CH₄ и N₂O при операциях с нефтью приведены на рисунках 3.44 – 3.46 соответственно. В 2023 г. совокупные выбросы CO₂, CH₄ и N₂O от операций с нефтью уменьшились относительно уровня 1990 г. на 47,73% и достигли 13,017 млн. т (13017,4 Гг CO₂-экв.) Бурение, опробование и обслуживание действующих нефтяных скважин является основным источником выбросов CO₂ и составляет 99,9% совокупного выброса от операций с нефтью (рис. 3.44). Вклад остальных операций с нефтью составляет менее 1 %. Выбросы от добычи газового конденсата были исключены из категорий операций с нефтью, так как они технологически связаны с добычей природного газа и учтены в категории 1.B.2.b.2 (Speight, 2015). Также, в категории выбросов от добычи нефти отдельно учтены выбросы от добычи на шельфе и на суше, так как в Руководящих принципах МГЭИК приводятся отдельные коэффициенты для оценки этих категорий



Рисунок 3.44 – Выбросы CO₂ при операциях с нефтью и газовым конденсатом

Добыча нефти определяет тенденцию выбросов метана: ее вклад в совокупную эмиссию при операциях с нефтью составляет в среднем 53,7%. Доля бурения, опробования и обслуживания нефтяных скважин в выбросах CH_4 в среднем составляет 40,4 %. Доли остальных операций в сумме не превышают 6% (рис. 3.45). Единственным источником выбросов N_2O в данной категории являются операции по бурению, опробованию и обслуживанию скважин.

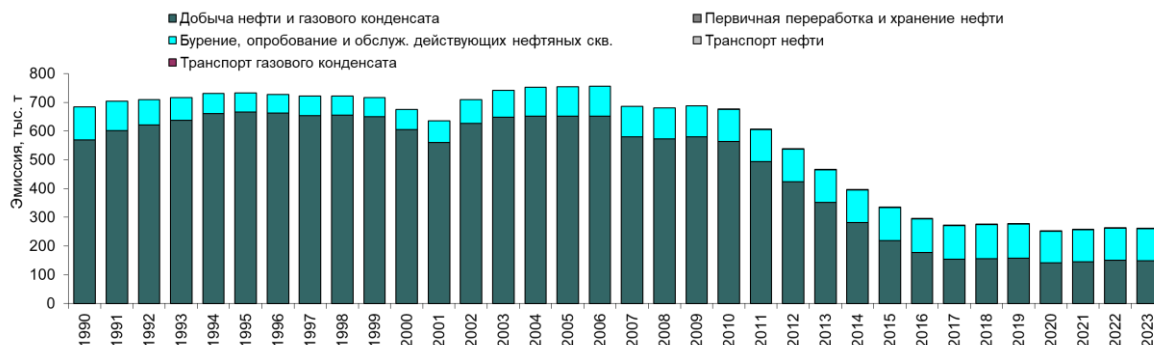


Рисунок 3.45 – Выбросы CH_4 при операциях с нефтью и газовым конденсатом

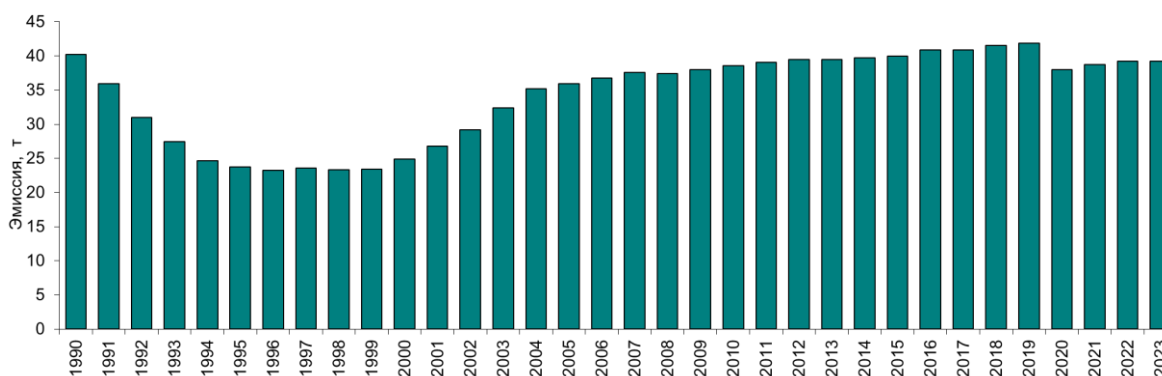


Рисунок 3.46 – Выбросы N_2O при разведочном и эксплуатационном бурении, опробовании и обслуживании действующих нефтяных скважин

3.3.2.3.1 – Методологические вопросы

Исходные данные

Показатели добычи и транспорта нефти были наименьшими в 1996 г., что обусловлено экономическими причинами. Экономический рост после 1996 года сопровождался активизацией экономической деятельности в нефтяной отрасли, и по большинству из показателей уровень 1990 года в настоящее время достигнут или превышен (табл. 3.37). В 2023 г. добыча нефти на суше составляла 98% от уровня 1990 г.

Были использованы данные о раздельной добыче нефти на суше и на шельфе с целью исключения завышения оценок выбросов парниковых газов. В 2023 году для оценки выбросов от категорий добычи, транспортировки и первичной переработки нефти в целом по стране использовались данные предыдущего года в связи с изданием распоряжения Правительства Российской Федерации от 26.04.2023 г. № 1074-р (ред. от 05.03.2024 г.).

Таблица 3.37

Показатели деятельности нефтяной отрасли Российской Федерации

| Годы | Добыча нефти, млн. т | Добыча нефти на шельфе, млн. т ⁽²⁾ | Добыча газового конденсата ⁽¹⁾ , млн. т | Первичная перера- ботка нефти ⁽¹⁾ , млн. т | Транспортировка нефти по маги- стральным трубо- проводам ⁽¹⁾ , млн. т |
|------|-------------------------|---|---|---|---|
| 1990 | 506,0 ⁽¹⁾ | | 10,2 | 298 | 497,9 |
| 1995 | 298,5 ⁽¹⁾ | | 8,3 | 182 | 287,9 |
| 2000 | 313,1 ⁽¹⁾ | | 10,4 | 173 | 294,6 |
| 2005 | 452,9 ⁽¹⁾ | | 17,3 | 208 | 454,1 |
| 2010 | 486,1 ⁽¹⁾ | | 19,4 | 250 | 491,7 |
| 2012 | 497,4 ⁽¹⁾ | 12,27 ⁽²⁾ | 21,3 | 272 | 523,4 |
| 2013 | 497,5 ⁽¹⁾ | 12,63 ⁽²⁾ | 24,2 | 281 | 524,6 |
| 2014 | 500,6 ⁽¹⁾ | 13,45 ⁽²⁾ | 25,5 | 295 | 532,1 |
| 2015 | 503,2 ⁽¹⁾ | 15,03 ⁽²⁾ | 31,5 | 287 | 543,3 |
| 2016 | 515,2 ⁽¹⁾ | 18,60 ⁽²⁾ | 32,6 | 285 | 543,4 |
| 2017 | 514,6 ⁽¹⁾ | 22,70 ⁽²⁾ | 31,9 | 284 | 553,4 |
| 2018 | 523,3 ⁽¹⁾ | 26,86 ⁽²⁾ | 32,2 | 292 | 561,1 |
| 2019 | 527,6 ⁽¹⁾ | 27,86 ⁽²⁾ | 33,4 | 290 | 567,7 |
| 2020 | 478,7 ⁽¹⁾ | 26,74 ⁽²⁾ | 34,4 | 275 | 509,5 |
| 2021 | 487,4 ⁽¹⁾ | 25,07 ⁽²⁾ | 35,8 | 285 | 523,9 |
| 2022 | 493,5 ⁽¹⁾ | 17,89 ⁽²⁾ | 41,7 | 277 | 544,4 |
| 2023 | 493,5 ⁽³⁾ | 21,19 ⁽²⁾ | 41,7 ⁽³⁾ | 277 ⁽³⁾ | 544,4 ⁽³⁾ |

⁽¹⁾Данные Росстата;⁽²⁾Данные Минэнерго;⁽³⁾ Информация по операционной деятельности в нефтяной отрасли в целом по стране не публикуется на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 26.04.2023 г. № 1074-р (ред. от 05.03.2024 г.), для оценки выбросов использованы значения предыдущего годаКоэффициенты выбросов и расчёты

С целью исключения завышения оценок расчёт выбросов от добычи нефти выполнялся отдельно, без учёта добычи газового конденсата: причины применения такого подхода описаны в разделе 3.3.2.3.1. Выбросы от транспортировки рассчитывались отдельно для нефти и отдельно для газового конденсата с допущением, что весь добытый газовый конденсат транспортируется по магистральным трубопроводам. Выбросы парниковых газов от сжигания при нефтедобыче оценивались на основе данных о сожженном попутном газе. Вычисления производились последовательно для исключения двойного счета. В зависимости от применения национальных коэффициентов расчет по формуле 3.10 соответствует уровню 1b или уровню 2 (МГЭИК, 2006).

Данные о деятельности в единицах массы переводились в единицы объема по формуле $V=m/\rho$, где V – данные о деятельности отрасли в объемных единицах, (тыс. м³), ρ – средневзвешенная плотность добываемой нефти/газового конденсата, (т • м⁻³); m – данные о деятельности отрасли в массовых единицах, (тыс. т). Для получения средневзвешенных значений плотностей нефти и газового конденсата были проанализированы данные более 160 месторождений России. Средневзвешенные значения плотностей нефти и газового конденсата составили 856,23 т • м⁻³ и 771,75 т • м⁻³, соответственно (Демиденко, 2000; Демиденко, 2002; Уварова, 2012).

Для оценки выбросов парниковых газов от добычи нефти использовались национальные коэффициенты, учитывающие суммарные выбросы от утечек и продувок, разработанные на основе данных компаний-операторов месторождений за 2019-2021 гг. в рамках работ по ВИП ГЗ, проводившихся в 2023-2024 году. Коэффициенты для остального временного ряда были восстановлены по динамике отношения технологических потерь попутного нефтяного газа к добыче нефти. Более подробное описание коэффициентов приведено в Приложении V.2. Для расчета выбросов парниковых газов от остальных операций с нефтью, использовались рекомендуемые МГЭИК для развитых стран коэффициенты эмиссии, значения которых приведены в таблице 4.2.4 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006). Значения коэффициентов эмиссии CO₂, CH₄, N₂O и НМЛОС (NMVOC), использованные для расчета выбросов от утечек при операциях с нефтью, приведены в таблице 3.38, а значения коэффициентов эмиссии от газоотведения и сжигания природного и нефтяного (попутного) газа – в таблице 3.44. Если в таблице 4.2.4 МГЭИК был приведен диапазон значений коэффициента, для расчета выбросов была взята средняя из диапазона величина, и ее значение представлено в таблице 3.38. Использование средней величины диапазона коэффициента выбросов также обусловлено многообразием условий добычи нефти на территории Российской Федерации. Значение коэффициента эмиссии НМЛОС (NMVOC), использованное в расчетах выбросов от газоотведения при добыче нефти и газового конденсата составляет $4,3 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ (таблица 4.2.4; МГЭИК, 2006). Выполненные расчеты соответствуют уровням 1b и 2 МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.38

Коэффициенты эмиссии для расчета выбросов от утечек при операциях с нефтью

| Вид деятельности (источник выбросов) | Коэффициент эмиссии CO ₂ | Коэффициент эмиссии CH ₄ | Коэффициент эмиссии N ₂ O | Коэффициент эмиссии NMVOC | Источник |
|---|--|--|---|---|---|
| Бурение скважин | $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | $3,30 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | — | $8,70 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | МГЭИК 2006 |
| Опробование скважин | $9,0 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | $5,10 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | $6,8 \cdot 10^{-8} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | $1,20 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | МГЭИК 2006 |
| Обслуживание действующих нефтяных скважин | $1,9 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | $1,10 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | — | $1,70 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | МГЭИК 2006 |
| Добыча нефти на суше | $7,6 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3(2,3)}$ | $2,7 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3(2,3)}$ | — | $2,25 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3(1)}$ | EF CO ₂ и EF CH ₄ – национальные коэффициенты выбросов EF NMVOC – МГЭИК 2006 |
| Добыча нефти на шельфе | $4,3 \cdot 10^{-8} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3(3)}$ | $5,9 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3(3)}$ | | $7,4 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3(3)}$ | МГЭИК 2006 |
| Транспорт нефти | $4,9 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | $5,40 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | — | $5,40 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | МГЭИК 2006 |
| Транспорт газового конденсата | $7,2 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | $1,10 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | — | $1,10 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | МГЭИК 2006 |
| Первичная переработка нефти | — | $2,18 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3(1)}$ | — | $1,30 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ | МГЭИК 2006 |

⁽¹⁾ Использована средняя величина из диапазона коэффициентов выбросов.

⁽²⁾ Указано значение для периода с 2017 г., до этого применён временной ряд значений коэффициентов (временной ряд приведён в приложении V.2)

⁽³⁾ Национальные коэффициенты для оценки временного ряда с 2017 года. Учитываются утечки и продувки вместе.

Использование коэффициентов эмиссии для развитых стран обусловлено высокими функционально-технологическими показателями нефтяной отрасли Российской Федерации, операционная деятельность которой осуществляется в условиях рыночной экономики. Производственно-техническая деятельность нефтяной отрасли строго регламентируется национальными и международными технологическими и экологическими стандартами, нормативами и регламентами. По показателям технологической, экологической и энергетической эффективности российские нефтяные компании не уступают ведущим западным нефтегазовым компаниям, а по ряду критериев превосходят их (Отчет в области устойчивого развития, 2019; Экологический отчет, 2019; Седьмое национальное сообщение, 2018)²⁶.

Стратегическим приоритетом ведущих нефтяных компаний Российской Федерации – ПАО «НК «ЛУКОЙЛ», ПАО «НК Роснефть», ОАО «НК Славнефть», ПАО «Газпром нефть», ОАО «Сургутнефтегаз» и других – является внедрение новейших разработок и технологий. Нефтяными компаниями России используется современное оборудование и передовые технологии, выполняются регулярные модернизации оборудования, технический и экологический контроль. В большинстве нефтяных компаний внедрены системы экологического менеджмента, соответствующие стандарту ISO 14001, приняты корпоративные программы долгосрочного инновационного развития, энергосбережения и энергоэффективности, предусматривающие использование высокотехнологичного оборудования и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду на региональном уровне. В частности, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО-Югра), ведущий нефтедобывающий регион России (Зяблицкая, 2012), в 2004 г. стал членом Глобального партнерства Всемирного банка по сокращению сжигания попутного нефтяного газа. На форуме Глобального партнерства в 2012 г. ХМАО-Югра занял первое место в рейтинге лучших региональных программ по сокращению сжигания попутного нефтяного газа на факелах.

В настоящее время осуществляется сбор информации для разработки точных национальных коэффициентов выбросов, которые в будущем смогут быть использованы в расчетах вместо коэффициентов эмиссии для развитых стран.

Выбросы NO_x , CO и SO_2 рассчитывали по методу уровня 1b МГЭИК на основе данных о первичной переработке нефти (табл. 3.37) с использованием рекомендуемых МГЭИК величин коэффициентов эмиссии: $0,09 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-3}$ для CO , $0,06 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-3}$ для NO_x и $0,93 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-3}$ для SO_2 (IPCC, 1997; МГЭИК, 2000).

3.3.2.4 Выбросы от утечек при операциях с природным газом (1.B.2.b)

Выбросы

Расчетные значения выбросов CO_2 и CH_4 от утечек при операциях с природным газом приведены на рисунках 3.47 и 3.48 соответственно (выбросы от сжигания природного газа для собственных нужд учтены в подразделах 3.3.2.5 настоящего раздела). Газораспределение дает наибольший вклад в совокупный выброс CO_2 (79,2 %). Доля транспорта и хранения природного газа составляет 15,4 %. В 2023 г. выбросы CO_2 при добыче и подготовке природного газа и газового конденсата и транспорте, хранении и распределении газа были выше уровня 1990 года на 5,7 % (рис. 3.47).

В среднем, основной вклад в выброс CH_4 – 78,5 % – вносят транспорт и хранение природного газа. Заметный вклад вносит газораспределение (17,3 %). Доля утечек при добыче и подготовке природного газа и газового конденсата составляет 3,4%. В 2023 г. совокупная эмиссия метана была ниже уровня 1990 года на 65,21% (рис. 3.48). Динамика выбросов метана может быть обусловлена, как и изменениями операционных данных о деятельности, так и внедрением временных рядов коэффициентов выбросов для большей части операций с природным газом. В категории выбросов парниковых газов от добычи и подготовки природного газа учитываются, технологически с ними связанные – выбросы от добычи газового конденсата (James

²⁶<https://www.gazprom-neft.ru/social/ecology/>;
<https://lukoil.ru/Responsibility/Ecology/environmentalprotection>
<https://lukoil.ru/Responsibility/SafetyAndEnvironment/Ecology/GasEmissionRegulation>

G. Speight, 2015). Также, в категории 1.b.2.b.2 учитываются выбросы от категории 1.b.2.b.3, для которых в таблицах ОТО применено обозначение «IE»: в исследованиях, данные которых легли в основу указанных коэффициентов, учитываются комплексные выбросы от объектов добычи и подготовки природного газа на месторождениях без их разделения на этапы (Dedikov et. al. 1997). Для категории газораспределения был выполнен альтернативный расчёт выбросов парниковых газов с использованием пересмотренных исходных данных согласно статистике, приведённой в ежегодных формах 4 ТЭР, пример данного расчёта указан в Приложении V.3.

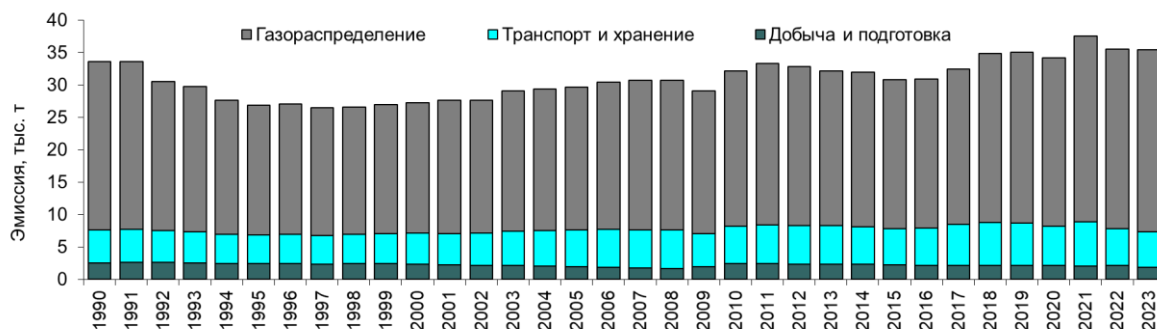


Рисунок 3.47 – Выбросы CO₂ при операциях с природным газом



Рисунок 3.48 – Выбросы CH₄ при операциях с природным газом

3.3.2.4.1 – Методологические вопросы

Исходные данные

Динамика добычи горючего природного газа (естественного) также отражает социально-экономические изменения, происходившие в стране. В 2023 г. добыча природного газа на суше уменьшилась на 11,28 % по сравнению с 1990 годом. Показатели транспортировки газа по магистральным трубопроводам были на 15,22 % ниже уровня 1990 г. (табл. 3.39).

Таблица 3.39

Показатели деятельности газовой отрасли Российской Федерации

| Годы | Добыча горючего природного газа (газа естественного) ⁽¹⁾ , млрд. м ³ | Добыча горючего природного газа (газа естественного) на шельфе ⁽²⁾ , млрд. м ³ | Транспортировка газа по магистральным трубопроводам, млн. т |
|------|--|--|---|
| 1990 | 600,4 ⁽¹⁾ | - | 543,3 ⁽¹⁾ |
| 1995 | 570,0 ⁽¹⁾ | - | 473,8 ⁽¹⁾ |
| 2000 | 555,1 ⁽¹⁾ | - | 511,2 ⁽¹⁾ |
| 2005 | 598,0 ⁽¹⁾ | - | 565,8 ⁽¹⁾ |
| 2010 | 593,5 ⁽¹⁾ | 13,8 | 536,6 ⁽¹⁾ |
| 2012 | 592,0 ⁽¹⁾ | 16,1 | 541,1 ⁽¹⁾ |
| 2013 | 600,6 ⁽¹⁾ | 16,4 | 537,5 ⁽¹⁾ |
| 2014 | 568,8 ⁽¹⁾ | 18,7 | 512,0 ⁽¹⁾ |
| 2015 | 555,1 ⁽¹⁾ | 19,0 | 493,0 ⁽¹⁾ |
| 2016 | 556,8 ⁽¹⁾ | 19,1 | 509,4 ⁽¹⁾ |
| 2017 | 605,2 ⁽¹⁾ | 19,8 | 548,8 ⁽¹⁾ |
| 2018 | 636,2 ⁽¹⁾ | 19,7 | 566,4 ⁽¹⁾ |
| 2019 | 643,7 ⁽¹⁾ | 19,6 | 550,9 ⁽¹⁾ |
| 2020 | 598,8 ⁽¹⁾ | 20,3 | 511,6 ⁽¹⁾ |
| 2021 | 662,3 ⁽¹⁾ | 18,7 | 574,6 ⁽¹⁾ |
| 2022 | 575,6 ⁽¹⁾ | 19,9 | 484,3 ⁽¹⁾ |
| 2023 | 532,7 ⁽¹⁾ | 17,9 | 575,7 ⁽³⁾ |

⁽¹⁾Данные Росстата;⁽²⁾Данные Минэнерго;⁽³⁾Данные ПАО Газпром с поправочным коэффициентом 1,02

По аналогии с категорией 1.B.2.a.2 в категории 1.B.2.b.2 была выполнена отдельная оценка выбросов парниковых газов от добычи природного газа на суше и на шельфе, причины применения такого подхода аналогичны тем, которые приведены в разделе 3.3.2.3.2.1.

Статистические данные по транспортировке природного газа включают как транспортировку газа, добываемого на территории Российской Федерации, так и транспортировку по территории Российской Федерации природного газа, добываемого за рубежом, или транзитного газа. Так как ПАО «Газпром» является компанией – основным оператором газотранспортной сети РФ, было сделано допущение, что объёмы транспортировки, приводимые в открытых публикациях данной компании сравнимы с национальными, при использовании эмпирически выявленного поправочного коэффициента 1,02 (Росстат статистический ежегодник 2024, Газпром в цифрах 2017-2023).

ПАО «Газпром» при поддержке Правительства Российской Федерации осуществляет программу газификации субъектов Российской Федерации, результаты которой влияют на динамику объёмов газораспределения. Программа позволит использовать природный газ в качестве альтернативы другим видам ископаемого топлива и обеспечит снижение выбросов парниковых газов. В результате проведенной работы средний уровень газификации в России к концу 2023 г. составил 73,8 %.

Коэффициенты выбросов и расчёты

Значения национальных коэффициентов эмиссии, использованных для расчета выбросов метана и диоксида углерода от операций с природным газом в российском газовом секторе, приведены в таблице 3.40. Выполненные в настоящем кадастре расчеты выбросов CO₂ и CH₄ от добычи, первичной переработки и транспорта природного газа соответствуют уровню 2 МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.40

Национальные коэффициенты эмиссии CO₂ и CH₄ для расчета выбросов от операций с природным газом в настоящем кадастре

| Вид деятельности (источник выбросов) | Коэффициент эмиссии CO ₂ | Коэффициент эмиссии CH ₄ | Источник | Охватываемые категории ОТО | Временной период применения коэффициентов |
|--|--|--|--|----------------------------------|---|
| Добыча и первичная подготовка природного газа на суше ¹⁾ | $4,29 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$ | $2,13 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$ | Уварова и др., 2017; Uvarova et al., 2017 | 1.B.2.b.1, 1.B.2.b.2 и 1.B.2.b.3 | 1990-2000 |
| Добыча и первичная подготовка природного газа на суше ²⁾ | $8,8 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$ | $1,42 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$ | Данные ПАО Газпром за период с 2012-2021 год | | 2017-настоящее время |
| Транспорт газа по магистральным трубопроводам до 2000г. ³⁾ | $7,38 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$ | $6,00 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$ | Уварова и др., 2017; Uvarova et al., 2017; | 1.B.2.b.4 и 1.B.2.c.1.ii | 1990-2000 |
| Транспорт газа по магистральным трубопроводам с 2017г. по 2018 г. ⁴⁾ | | $1,72 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$ | Метан и климатические изменения, 2022 | | 2017-2018 |
| Транспорт газа по магистральным трубопроводам с 2019г. по настоящее время. ⁵⁾ | $9,38 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$ | $1,53 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$ | Ишков и др., 2024 | | 2019-настоящее время |

Между коэффициентами ¹⁾ и ²⁾, и коэффициентами ³⁾ и ⁴⁾ проведена линейная интерполяция

⁵⁾ Национальный коэффициент разработан на основании данных ПАО «Газпром» за период с 2019 по 2022 год. Внедрение коэффициента обосновано реализацией мероприятий по сохранению газа при его магистральном транспорте с 2019 года

Для оценки выбросов парниковых газов от операций с природным газом, за исключением его добычи на суше, подготовки и транспортировки по магистральным трубопроводам, были использованы рекомендуемые для развитых стран коэффициенты выбросов из таблицы 4.2.4 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006). Утечки при газораспределении рассчитывались по данным об общем потреблении газа, согласующимся с данными о его сжигании (раздел 1.А ОТО). Для оценки выбросов НМЛОС от всех операций с природным газом использовались коэффициенты, рекомендуемые для развитых стран (МГЭИК, 2006). Использование коэффициентов эмиссии для развитых стран обусловлено высоким технологическим уровнем газовой отрасли Российской Федерации. Российская газовая отрасль развивается в условиях рыночной экономики. Газовые компании имеют равные возможности для добычи, транспортировки и переработки природного газа, а также равный доступ на рынки природного газа в нерегулируемом секторе экономики (Постановление, 2010; Внутренний рынок газа, 2015). Производственно-техническая деятельность газовой отрасли строго регламентируется национальными и международными технологическими и экологическими стандартами, нормативами и регламентами (СТО Газпром 2-1.19-128-2007; СТО Газпром 031-2007; ГОСТ Р 54097-2010 и др.). Российскими газовыми компаниями используются современное оборудование и передовые технологии, выполняются регулярные модернизации оборудования, технический и экологический контроль (Lelieveld et al., 2005; Реестр наилучших доступных технологий, 2014; Годовой отчет, 2015 и др.). По показателям технологической, экологической и энергетической эффективности российские газовые компании не уступают ведущим западным нефтегазовым компаниям, а по ряду критериев превосходят их (Lechtenbohrer et al., 2007; Программа инновационного развития, 2011 Патент на изобретение,

2014 и др.). Объемы годовых выбросов CH_4 в газовой отрасли контролируются государственными органами (Росприроднадзор).

Значения коэффициентов эмиссии CO_2 и CH_4 приведены в таблице 3.41, коэффициентов эмиссии NMVOC – в таблице 3.42. В таблице 4.2.4 Руководящих принципов приведен диапазон значений коэффициента эмиссии НМЛОС, для расчета выбросов взята средняя для диапазона величина, и ее значение приведено в таблице 3.42 (использованы значения, соответствующие переработке низкосернистого газа). Эти расчеты соответствуют уровню 1b МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.41

Коэффициенты эмиссии CO_2 и CH_4 для расчета выбросов при хранении природного газа и газораспределении (МГЭИК, 2006)

| Вид деятельности (источник выбросов) | Коэффициент эмиссии CO_2 | Коэффициент эмиссии CH_4 |
|---|---|---|
| Добыча природного газа на шельфе | $8,2 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}$ | $2,3 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Хранение природного газа (товарный газ) | $1,10 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ | $2,50 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Газораспределение | $5,10 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ | $1,10 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |

Таблица 3.42

Коэффициенты эмиссии НМЛОС (NMVOC) для расчета выбросов от операций с природным газом (МГЭИК, 2006)

| Вид деятельности (источник выбросов) | Коэффициент эмиссии |
|---|---|
| Утечки | |
| Добыча природного газа на суше | $3,21 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Добыча природного газа на шельфе | $5,5 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Первичная переработка природного газа | $3,45 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Утечки при транспорте газа по магистральным трубопроводам | $7,00 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Утечки при хранении природного газа (товарный газ) | $3,60 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Утечки при газораспределении | $1,60 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Газоотведение | |
| Газоотведение при транспорте газа по магистральным трубопроводам (товарный газ) | $4,60 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Сжигание на факелах | |
| Сжигание на факелах при газодобыче | $6,20 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |
| Сжигание на факелах при первичной переработке газа | $9,60 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ |

3.3.2.5 Выбросы от газоотведения и сжигания в факелах (1.B.2.c)

3.3.2.5.1 – Выбросы

Выбросы CO_2 и CH_4 происходят при газоотведении в процессе добычи нефти и транспорта природного газа по магистральным трубопроводам. Национальные коэффициенты эмиссии метана и диоксида углерода, использованные при расчете выбросов от транспортировки природного газа в категории 1.B.2.b.4, включают оценку потерь и при газоотведении. Поэтому отдельный расчет выбросов от газоотведения при транспорте природного газа не производился. Вместо этого был использован показатель «Учтено при выполнении других расчетов» (IE). Такой же подход применялся к оценке выбросов от добычи и подготовки нефти (1.B.2.a.2): при использовании новых национальных коэффициентов производится суммарная оценка выбросов от утечек и продувок, поэтому вместо оценок выбросов парниковых газов в

категории 1.В.2.с был использован показатель IE. Кроме того, в настоящем разделе представлены оценки выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O при сжигании на факелах нефтяного (попутного) и природного газа при технологических процессах добычи и первичной переработки нефти и природного газа (рис. 3.49 – 3.50, соответственно).

В виду учёта всех выбросов от газоотведения в категориях 1.В.2.а.2 и 1.В.2.б.4. Сжигание нефтяного (попутного) газа является основным источником выбросов в категории газоотведение и сжигание на факелах – его вклад в выбросы CO_2 составляет 96,93 %, в выбросы CH_4 99,12%, в выбросы N_2O 95,19%. В 2023 г. выбросы CO_2 , CH_4 и N_2O были на 111,1, 117,5, и 106,3 % больше уровня 1990 года соответственно (рис. 3.49-3.51).

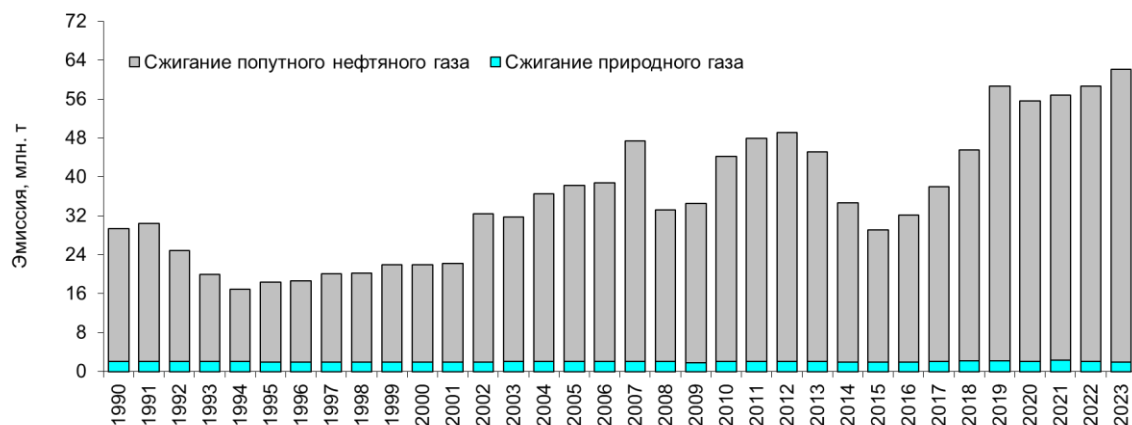


Рисунок 3.49 – Выбросы CO_2 от газоотведения и при сжигании на факелах



Рисунок 3.50 – Выбросы CH_4 от газоотведения и при сжигании на факелах

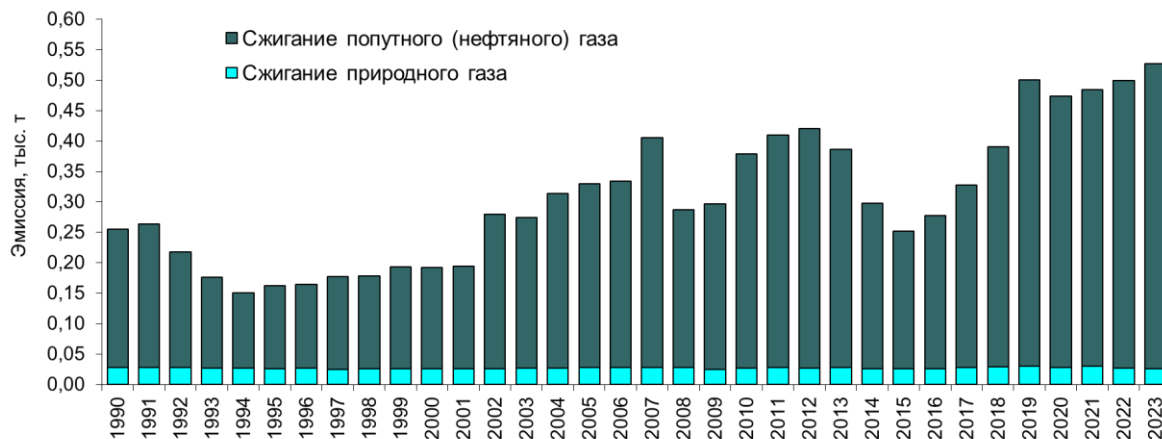


Рисунок 3.51 – Выбросы N_2O при сжигании на факелах

3.3.2.5.2 – Методологические вопросы

Исходные данные

Таблица 3.43

Сжигание нефтяного (попутного) газа на факелах, млрд. м³

| Годы | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2013 | 2014 | 2015 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Объем сжигания | 9,90 | 5,93 | 7,25 | 13,12 | 15,29 | 15,59 | 11,83 | 9,85 |
| Годы | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Объем сжигания | 10,96 | 13,02 | 15,70 | 20,47 | 19,39 | 19,74 | 20,54 | 21,80 |

В целях обеспечения безопасности объектов нефтяной отрасли неиспользуемый нефтяной (попутный) газ сжигается на факелах. Данные по его сжиганию приведены в таблице 3.43 (Российский статистический ежегодник, 2009; Российский статистический ежегодник, 2023; Промышленность России, 2014 и др.). В 2023 г. объем сжигания нефтяного (попутного) газа увеличился по сравнению с 1990 г. на 120,2 %. Энергетической стратегией России предусмотрено увеличение уровня полезного использования попутного газа до 95 %. В свою очередь, объем попутного газа, сжигаемого на факелах, не должен превышать 5 % объема его добычи (Указ, 2008; Постановление, 2009; Постановление, 2012). С января 2013 г. плата за выбросы загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании нефтяного (попутного) газа свыше 5%, производится с применением дополнительного коэффициента, увеличивающего плату. Уровень полезного использования попутного газа в среднем по стране в 2023 г. составил 82,8 %, что на 3,5 % превышает уровень 1990 г. (Российский статистический ежегодник, 2023).

Коэффициенты выбросов и расчёты

В таблице 3.44 приведены коэффициенты для оценки выбросов парниковых газов в категории 1.В.2.с.

Таблица 3.44

Коэффициенты эмиссии для расчета выбросов от газоотведения и сжигания при операциях с нефтью и природным газом

| Вид деятельности | Коэффициент эмиссии CO ₂ | Коэффициент эмиссии CH ₄ | Коэффициент эмиссии N ₂ O | Источник |
|--|--|--|---|---|
| Газоотведение при добыче нефти и газового конденсата | Включено в национальный коэффициент (таблица 3.38) | Включено в национальный коэффициент (таблица 3.38) | — | — |
| Сжигание на факелах при газодобыче | 3,46 • 10 ⁻³ Гг • 10 ⁻⁶ м ⁻³⁽¹⁾ | 5,47 • 10 ⁻⁶ Гг • 10 ⁻⁶ м ⁻³⁽¹⁾ | 2,1 • 10 ⁻⁸ Гг • 10 ⁻⁶ м ⁻³ | CO ₂ и CH ₄ – Данные ПАО Газпром с 2012 по 2021 г. N ₂ O – МГЭИК 2006 |
| Сжигание на факелах при переработке газа | | | 2,5 • 10 ⁻⁸ Гг • 10 ⁻⁶ м ⁻³ | |
| Сжигание на факелах нефтяного (попутного) газа | 2,76 Гг • 10 ⁻⁶ м ⁻³⁽²⁾ | 1,55 • 10 ⁻² Гг • 10 ⁻⁶ м ⁻³⁽²⁾ | 2,3 • 10 ⁻⁵ Гг • 10 ⁻⁶ м ⁻³⁽²⁾ | CO ₂ и CH ₄ – Попов и др., 2021 N ₂ O – МГЭИК 2006 |

⁽¹⁾Национальный коэффициент разработан на основании данных ПАО «Газпром» за 2012-2021 год и применён вместо другого коэффициента, разработанного по данным исследований Уварова и др. 2017

⁽²⁾ Национальный коэффициент эмиссии парниковых газов для зарегистрированных объёмов сожжённого попутного нефтяного газа.

3.3.4 Оценка неопределенности и согласованность временных рядов

3.3.4.1 Неопределённость оценок для твёрдых топлив (1.В.1)

Оценку неопределенности данных о добыче угля в Российской Федерации в 2022 году производили на основе данных ФГБУ РЭА Минэнерго России, Росстата (Российский статистический ежегодник, 2021) и компании «Бритиш Петролеум» (British Petroleum, 2021)²⁷. Неопределенность данных о добыче угля составляет 0,59%.

Национальные коэффициенты эмиссии метана были определены на основе данных о выбросах из шахт и разрезов, эксплуатировавшихся в Российской Федерации с 1990 по 2005 и с 2016 по 2021 гг. включительно. Выбранные периоды времени адекватно отражают организационно-структурные и технологические изменения, происшедшие в угольной отрасли. Наибольшая величина неопределенности коэффициентов эмиссии CH_4 при добыче угля подземным способом составила 4,1%, а стандартная ошибка их определения составила $\pm 3,7$. Неопределенность оценки коэффициента эмиссии метана при подземной добыче угля составила 19,2% для периода с 1990 по 2005 и 4,7% для периода с 2016 по 2021 г..

При добыче угля открытым способом самое высокое из полученных значений неопределенности было 2,7%. Стандартная ошибка определения коэффициентов эмиссии для периода с 1990 по 2005 год составила $\pm 0,8$, а их неопределенность – 21,6%.

Для последующего обращения с углем, добытым подземным способом, наибольшая величина неопределенности, полученная при анализе временных рядов коэффициентов эмиссии, составила 4,2%, стандартная ошибка определения коэффициентов эмиссии – $\pm 1,0$, а неопределенность – 40,9%. Параметры неопределенности коэффициентов эмиссии для последующего обращения с углем, добытым открытым способом, взяты из Руководящих указаний МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Количественная оценка неопределенности выбросов метана от угледобычи выполнялась по методу уровня 1 при доверительном интервале 95% (МГЭИК, 2006). Рассчитанная величина общей неопределенности выбросов от добычи угля в 1990 г. составила 14,1%, в 2023 г. – 41,4%, а неопределенность тенденции выбросов – 25,4%.

3.3.4.2 Неопределённость оценок для операций с нефтью и газом (1.В.2.)

Количественная оценка неопределенности выбросов от операций с нефтью и природным газом выполнялась по уровню 1 на основе приведенных выше величин неопределенностей данных о деятельности и параметров при доверительном интервале 95% (МГЭИК, 2006). Неопределенность разработанных национальных коэффициентов эмиссии составила 50% для старых значений коэффициентов от добычи и подготовки и транспортировки природного газа (Уварова и др., 2017) и 18% для значений, полученных по данным ПАО Газпром о выбросах метана на газотранспортных объектах (Бондур и др., 2022, Ишков и др. 2024) и газодобывающих. Неопределённость национальных коэффициентов выбросов CO_2 и CH_4 от добычи и подготовки нефти составила 45 и 47% соответственно. Значения неопределённостей для разработанных национальных коэффициентов выбросов CO_2 и CH_4 от сжигания попутного нефтяного газа составили 23% и 36% соответственно (Попов и др., 2021). Данные о деятельности, включая объем сожженного нефтяного (попутного) газа, были взяты из государственной статистической отчетности Российской Федерации. Их ошибка не превышает 5 %. Величины неопределенности коэффициентов эмиссии МГЭИК были взяты из таблицы 4.2.4 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006). Если в таблице предлагался диапазон неопределенностей, делалось допущение о нормальном распределении величин в предложенном диапазоне, после чего вычислялось среднее для предложенного диапазона значение неопределенности. Наиболее высокая неопределенность в таблице 4.2.4 характерна для коэффициентов эмиссии

²⁷<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>

оксида азота из-за сложного механизма его образования (Hayhurst и Lawrence, 1992; МГЭИК, 2006). Однако, вклад N_2O в совокупный выброс незначителен.

Неопределенность оценок выбросов по категории источников 1.В.2 в 1990 году составила 23,2%, а в 2023 году – 33,7 %, неопределенность тенденции выбросов составила 32,2 %.

Доминирующий вклад в обобщенную оценку неопределенности от нефтегазового сектора вносят выбросы метана от распределения и транспорта природного газа из-за их значительных абсолютных величин.

3.3.4.3 Обеспечение и контроль качества

При подготовке настоящего кадастра были усилены мероприятия по обеспечению и контролю качества, для чего произведена комплексная проверка корректности расчетов по отдельным категориям источников сектора 1.В.2, соответствующая уровню 2 (МГЭИК, 2006). При выполнении процедур обеспечения и контроля качества были осуществлены формальный контроль и перекрестная проверка данных о деятельности и результатов расчетов. Формальный контроль включал проверку размерности данных и параметров, на основе которых выполнялись расчеты эмиссии. Были перепроверены результаты расчетов и проанализирована неопределенность, полнота и целостность доступных данных о деятельности и другой параметрической информации. Также была проведена проверка корректности таблиц общего формата данных.

Специализированные проверки включали согласованность данных и параметров при расчете выбросов во временном ряду с 1990 по 2023 гг. включительно. Перекрестная проверка осуществлялась специалистами Росстата и Минэнерго России в процессе согласования кадастра.

3.3.4.4 Перерасчеты и изменения, сделанные в ответ на рекомендации, полученные при рассмотрении кадастра

В ходе подготовки кадастра были произведены следующие перерасчёты: В рамках работ, проводившихся под руководством Минэнерго России в кадастр были внедрены новые уточнённые национальные коэффициенты выбросов метана от добычи и последующих операций при подземной добыче угля (1.В.1.а1.i/ii) и открытой добыче угля (1.В.1.а2.i). Внедрены новые коэффициенты выбросов для отдельных федеральных округов РФ;

В категории выбросов парниковых газов от добычи и подготовки нефти на шельфе (1.В.2.а.2) проведена оценка выбросов за весь период с начала промышленной добычи нефти на шельфе РФ (2010 г.);

В категории добычи и подготовки природного газа (1.В.2.б.2) были сделаны следующие изменения: проведена оценка выбросов от добычи природного газа на шельфе за весь период с начала промышленной добычи природного газа на шельфе РФ (начиная с 2009 года); в категории добычи природного газа на суше использованы новые, национальные коэффициенты для оценки выбросов за период с 2017 года и далее, более детальная информация приведена в таблице 3.37 и приложении V.2;

В категории выбросов от транспортировки природного газа (1.В.2.б.4) сделаны следующие пересчёты: внедрены новые национальные коэффициенты выбросов CO_2 и CH_4 начиная с 2019 года. Более детальная информация по оценке выбросов в данной категории приведена в таблице 3.37 и приложении V.2;

В категории выбросов от факельного сжигания природного газа (1.В.2.с.2.ii) внедрены новые национальные коэффициенты, вместо старых национальных коэффициентов по причине изменения методики расчёта. Более детальная информация по оценке выбросов в данной категории приведена в таблице 3.41 и приложении V.2;

3.3.4.5 Планируемые усовершенствования

В настоящий момент ведётся уточнение и сбор данных для обновления выбросов от утечек и продувок при разведке нефти. Ведётся аналитическая работа по оценке возможности обновления национальных коэффициентов выбросов диоксида углерода и метана от газораспределения природного газа. Проводиться оценка возможности уточнения значений разработанных новых национальных коэффициентов от добычи угля, и операций с природным газом за отдельные годы временного ряда.

Справочник Газпром в цифрах 2019-2023 / (Официальный сайт ПАО «Газпром», 2024, электронный ресурс, [URL:https://www.gazprom.ru/f/posts/24/142887/gazprom-in-figures-2019-2023-ru.pdf?ysclid=m6kzd1iwzv452507324](https://www.gazprom.ru/f/posts/24/142887/gazprom-in-figures-2019-2023-ru.pdf?ysclid=m6kzd1iwzv452507324) (дата доступа:20.01.2025)

3.4 Транспортировка и хранение CO₂ (ОТО 1.С).

Оценка выбросов от транспортировки и хранения CO₂ в Кадастре не проводится. В соответствии с Методическими руководствами МГЭИК (2006) в данной категории должны проводиться оценки выбросов от систем улавливания и сжатия, транспортировки, впрыска и хранения CO₂. В настоящее время такие системы в России промышленном масштабе отсутствуют.

Кроме того, методология МГЭИК (2006) включает общее описание технологических процессов и возможных выбросов, но не предоставляет подходов для оценки выбросов в данной категории по уровню 1 и 2. Предполагается, что в связи с тем, что как каждый проект может быть индивидуальным, то при его реализации следует разработать специфичные для реализации проекта подходы к оценке выбросов и коэффициенты, соответствующие уровню 3.

4. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ (Сектор 2 ОТО)

4.1 Обзор сектора и общая информация

Инвентаризация выбросов ПГ в секторе «Промышленные процессы и использование продукции» включает оценку выбросов от производства минеральной продукции (2.A), химической промышленности (2.B), металлургии (2.C), использования растворителей и неэнергетических продуктов из топлива (2.D), электронной промышленности (2.E), использования фторированных заменителей ОРВ (2.F), а также производства и использования других продуктов (2.G). Суммарная эмиссия ПГ по сектору в 2023 г. составила 244305 Гг CO₂-экв.

С 1991 по 1998 гг. наблюдалось устойчивое снижение выбросов ПГ в секторе «Промышленные процессы», связанное с падением промышленного производства в РФ. В 1998 г. уровень выбросов ПГ в промышленности был минимальным и соответствовал 56,3% уровня 1990 г. С 1999 г. объем выбросов в промышленности постепенно увеличивался и достиг в 2007 г. 78,3% от уровня 1990 г. В 2008 – 2009 гг. наблюдалось снижение выбросов ПГ в секторе «Промышленные процессы», связанное с падением производства из-за мирового экономического кризиса и, в меньшей степени, со снижением удельных выбросов ПГ от таких источников, как производство аммиака, первичного алюминия, ГХФУ-22 и гексафторида серы (SF₆). Выброс ПГ в 2009 г. составлял 65,9 % от уровня промышленного выброса ПГ в 1990 г. С 2010 г. наблюдается устойчивый рост выбросов от промышленного сектора. В 2023 г. его объем составил 88,9% от уровня промышленного выброса ПГ в 1990 г.

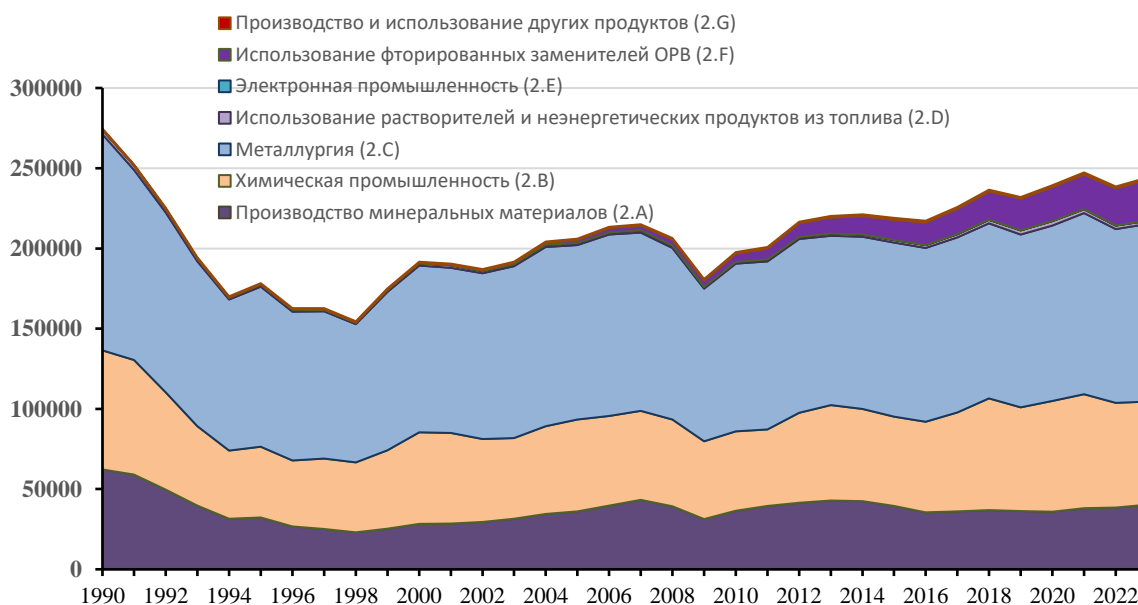


Рисунок 4.1 – Выбросы парниковых газов от сектора «Промышленные процессы» в 1990-2023 гг., Гг CO₂-экв.

Наиболее значительным источником выбросов в промышленном секторе является металлургия. Ее вклад в суммарный выброс ПГ в промышленности в 2023 г. составил 45,4%. Следующим по значению источником является химическая промышленность. Ее доля в суммарном выбросе – 26,3%. Доля выброса ПГ от производства минеральных продуктов составляет 16,5%. Результаты инвентаризации выбросов ПГ от сектора «Промышленные процессы и использование продукции» представлены в таблице 4.1 и на рисунке 4.1.

Таблица 4.1

Выбросы парниковых газов в секторе «Промышленные процессы и использование продукции», Гг CO₂-экв.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2.A. Производство минеральных материалов | | | | | | | | | | | | | | |
| 62311 | 32344 | 28324 | 36201 | 36516 | 42406 | 39409 | 35581 | 36106 | 36896 | 36324 | 35994 | 38208 | 38584 | 40314 |
| 2.B. Химическая промышленность | | | | | | | | | | | | | | |
| 74086 | 44050 | 57010 | 57076 | 49472 | 57532 | 55789 | 56474 | 61653 | 69593 | 64662 | 69018 | 70914 | 65229 | 64176 |
| 2.C. Металлургия | | | | | | | | | | | | | | |
| 134809 | 99808 | 104002 | 108802 | 104424 | 107230 | 108483 | 108199 | 109028 | 109268 | 107634 | 109235 | 112843 | 108319 | 110856 |
| 2.D. Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива | | | | | | | | | | | | | | |
| 2758 | 1331 | 1293 | 1234 | 1136 | 1534 | 1632 | 1776 | 1995 | 2018 | 2613 | 2890 | 2428 | 2094 | 1938 |
| 2.E. Электронная промышленность | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,66 | 2,04 | 5,21 | 7,63 | 15,51 | 12,79 | 7,83 | 25,66 | 15,07 | 16,59 | 22,68 | 20,35 | 29,46 | 9,19 | 9,19 |
| 2.F. Использование фторированных заменителей ОРВ | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 33 | 191 | 1869 | 5078 | 11403 | 12563 | 14033 | 15830 | 17701 | 19690 | 21035 | 21675 | 23186 | 25605 |
| 2.G. Производство и использование других продуктов | | | | | | | | | | | | | | |
| 787 | 752 | 777 | 844 | 1011 | 1078 | 1072 | 1127 | 1152 | 1165 | 1186 | 1129 | 1234 | 1280 | 1406 |
| Всего | | | | | | | | | | | | | | |
| 274762 | 178320 | 191603 | 206035 | 197652 | 221195 | 218956 | 217217 | 225779 | 236657 | 232132 | 239323 | 247322 | 238700 | 244210 |

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

4.2 Производство минеральных материалов (2.А)

4.2.1 Обзор

В этом субсекторе оцениваются выбросы CO₂ от производства цемента (2.А.1), от производства строительной и технологической извести (2.А.2), от производства стекла (2.А.3), от производства керамических изделий (2.А.4а), от использования кальцинированной соды (2.А.4б), от неметаллургического производства магнезии (2.А.4с) и от других видов использования карбонатов (2.А.4д).

Также оценивались выбросы SO₂ от производства цемента и NMLOC от производства стекла.

Основными источниками выбросов парниковых газов в данном субсекторе являются производство цемента (2.А.1) и извести (2.А.2), выбросы CO₂ от которых составили в 2023 г. 60,3% и 22,8% общего выброса ПГ от производства минеральных материалов (2.А). Выбросы CO₂ от других видов использования карбонатов (2.А.4д), производства стекла (2.А.3), производства керамических изделий (2.А.4а), неметаллургического производства магнезии (2.А.4с) и использования кальцинированной соды (2.А.4б) в 2023 г. составили, соответственно, 7,1%, 4,5%, 2,9%, 1,1% и 1,3% от общего выброса CO₂ в этом субсекторе. С 1990г. по 1998г. наблюдалось существенное снижение выбросов ПГ в субсекторе 2.А, связанное с падением производства. В 1998г. общий выброс ПГ от производства продукции из минерального сырья составлял 37,0% от уровня 1990г. С 1999г. наблюдался рост выбросов. В 2023 г. общий выброс ПГ в субсекторе 2.А составил 64,7% от уровня 1990г.

Результаты оценки выбросов CO₂ от производства минеральной продукции представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Выбросы CO₂ от производства продукции из минерального сырья, Гг.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Производство цемента | | | | | | | | | | | | | | |
| 34609 | 16646 | 15113 | 22256 | 22723 | 26453 | 23171 | 20432 | 20512 | 20091 | 20306 | 20581 | 22158 | 22598 | 24315 |
| Производство извести | | | | | | | | | | | | | | |
| 12501 | 7100 | 6891 | 7831 | 7540 | 9300 | 9013 | 8852 | 8568 | 8666 | 8873 | 8702 | 8940 | 8988 | 9186 |
| Производство стекла | | | | | | | | | | | | | | |
| 455 | 322 | 386 | 683 | 1544 | 1729 | 1657 | 1734 | 1777 | 1826 | 1863 | 1864 | 1982 | 1963 | 1800 |
| Производство керамических изделий | | | | | | | | | | | | | | |
| 2125 | 1203 | 941 | 1004 | 1163 | 1613 | 1481 | 1253 | 1276 | 1224 | 1271 | 1156 | 1173 | 1243 | 1172 |
| Использование кальцинированной соды | | | | | | | | | | | | | | |
| 1114 | 598 | 548 | 608 | 409 | 423 | 363 | 345 | 365 | 301 | 339 | 309 | 339 | 293 | 523 |
| Неметаллургическое производство магнезии | | | | | | | | | | | | | | |
| 2041 | 1583 | 1157 | 1294 | 1139 | 1057 | 926 | 769 | 613 | 518 | 456 | 479 | 515 | 573 | 439 |
| Другие виды использования карбонатов (использование доломитов для производства огнеупоров) | | | | | | | | | | | | | | |
| 9464 | 4893 | 3288 | 2526 | 1998 | 1831 | 2798 | 2195 | 2994 | 4271 | 3216 | 2904 | 3100 | 2926 | 2879 |
| Всего | | | | | | | | | | | | | | |
| 62311 | 32344 | 28324 | 36201 | 36516 | 42406 | 39409 | 35581 | 36106 | 36896 | 36324 | 35994 | 38208 | 38584 | 40314 |

4.2.2 Методика расчетов

Выбросы CO₂ от производства цемента (2.А.1)

Выбросы CO₂ от производства цемента оценивались по методу уровня 2 (IPCC, 2006) с использованием данных о производстве цементного клинкера – промежуточного продукта производства цемента, при получении которого и происходят выбросы CO₂. Расчетная оценка выброса CO₂ проводилась по формуле 2.2 (МГЭИК, 2006). Коэффициент эмиссии рассчитывался с учетом содержания СаО в клинкере в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 2006).

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Использовалось национальное значение содержания СаО в клинкере и поправочный коэффициент (CKD Correction factor) по умолчанию (IPCC, 2000) 1,02.

В 2010 г. были выполнены работы по определению национального значения содержания оксида кальция (СаО) в клинкере российского производства. Содержание СаО в клинкере определялось на основании данных о содержании СаО в клинкере, полученных от 19 из 52 действующих цементных заводов с долей в производстве клинкера, составляющей 61% суммарного производства клинкера в РФ. Среднее значение содержания СаО в клинкере рассчитывалось как средневзвешенное с учетом объемов производства клинкера на заводах и составило 65,6%.

В 2020 г. по рекомендации группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению национальных кадастров выполнена актуализация этого параметра с учетом изменений, имевших место в цементной промышленности РФ в течение последних 10 лет.

В 1990 – 2008 г. новые технологические линии и заводы с использованием современных высокотехнологичных линий не строились. Новые небольшие мощности вводились на отдельных существовавших тогда предприятиях мокрого способа производства цемента. В 2008 – 2015 гг. на фоне роста экономической активности в стране было введено в эксплуатацию 18 новых высокоэффективных технологических линий сухого способа производства мощностью 1,2 – 2,3 млн. тонн цемента в год. Из них 9 введены в эксплуатацию за счет строительства новых предприятий с новой сырьевой базой и 9 – за счет расширения действующих предприятий. Кроме того, в период с 1990 по 2014 гг. выведено из эксплуатации 90 морально и физически устаревших технологических линий общей мощностью 17 млн. тонн цемента в год, в том числе прекратили существование 7 цементных заводов, построенных в 1950-е – 1970-е годы. В результате модернизации цементной промышленности в 2008 – 2015 гг. доля энергосберегающих технологий в отрасли выросла с 12,3% в 2008 г. до 54,8% в 2017 г. (Жарко и др., 2017; Василик, Еремина, 2017).

Эти значительные изменения в отрасли и ее сырьевой базе потребовали пересмотра значения национального содержания СаО в клинкере российского производства. Содержание СаО в клинкере определялось на основании данных о среднем содержании СаО в клинкере, полученных от 31 из 57 действующих цементных предприятий полного цикла с долей в производстве цемента, составляющей 76% суммарного производства цемента в стране. Среднее значение содержания СаО в клинкере рассчитывалось как средневзвешенное с учетом объемов производства цемента на заводах и составило в 2017 г. 65,9%, что на 0,3% выше значения, полученного для 2008 г.

При расчете выбросов предполагалось, что значение содержания СаО в клинкере до 2009 г. составляло 65,6%, затем постепенно повышалось и в 2015 г. достигло современного значения – 65,9%.

Данные о производстве клинкера, полученные из базы данных Росстата, приводятся в таблице 4.3.

Кроме того, оценивалась эмиссия диоксида серы от производства цемента. Оценка проводилась на основе данных о выпуске цемента. Использован коэффициент выбросов SO₂, равный 0,3 кг SO₂/т. произведенного цемента (IPCC, 1996).

Таблица 4.3

Производство цементного клинкера в России, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 65830 | 31663 | 28746 | 42333 | 43155 | 50164 | 43873 | 38687 | 38839 | 38040 | 38448 | 38968 | 41955 | 42787 | 46039 |

Выбросы CO₂ от производства строительной и технологической извести (2.А.2)

Выбросы CO₂ от производства извести оценивались по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Для жирной извести использовался коэффициент эмиссии CO₂ по умолчанию (IPCC, 2006), равный 0,75 т CO₂/т произведенной извести. Для доломитовой извести использовался коэффициент эмиссии CO₂, равный 0,86 т CO₂/т произведенной извести (IPCC, 2006).

Данные о производстве извести получены из базы данных Росстата и приводятся в таблице 4.4. Производство строительной извести, в силу относительно небольших объемов ее потребления, осуществляется на многочисленных, преимущественно маломощных, территориально рас-

средоточенных предприятиях. Технологическая известь выпускается как крупными, так и мелкими производителями, как правило, для собственных нужд. В государственной статистике РФ отсутствуют детализированные данные о производстве жирной и доломитовой извести. При расчетах доля доломитовой извести в общем производстве извести принята равной 15% – значение по умолчанию (IPCC, 2006).

Таблица 4.4

Производство извести в России, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 16309 | 9263 | 8991 | 10216 | 9837 | 12133 | 11759 | 11549 | 11179 | 11305 | 11577 | 11353 | 11664 | 11726 | 11985 |

Выбросы CO₂ и НМЛОС от производства стекла (2.А.3)

Выбросы CO₂ от производства стекла оценивались по методике уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006). Расчеты выполнялись по формуле 2.11 (IPCC, 2006). Расчеты выполнялись отдельно для различных видов стекла с использованием коэффициентов выбросов и пропорции стеклобоя по умолчанию (IPCC, 2006).

Оценивались выбросы от производства листового, тарного стекла, а также, по рекомендации группы экспертов МГЭИК, выполнена оценка выбросов от производства стекловолокна. Коэффициенты выбросов и пропорция стеклобоя, использованные для расчетов, приводятся в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Коэффициенты выбросов и пропорция стеклобоя, использованные для оценки выбросов CO₂ от производства стекла

| | Коэффициент выбросов, т CO ₂ /т | Пропорция стеклобоя, % |
|-----------------|--|------------------------|
| Листовое стекло | 0,21 | 17,5 |
| Тарное стекло | 0,21 | 50 |
| Стекловолокно | 0,25 | 30 |

Оценка выбросов проводилась по данным Росстата о производстве различных видов архитектурно-строительного стекла: строительного, термополированного, закаленного и трехслойного безосколочного (табл. 4.6). Объемы производства листового стекла представлены в квадратных метрах. Плотность и толщина различных видов строительного стекла взяты из справочника по строительным материалам (Айрапетов и др., 2005). Плотность стекла принята 2,5 г/см³; данные о средней толщине различных видов строительного стекла приводятся в таблице 4.7.

Учет выбросов от производства тарного стекла выполнен как для узкогорлой пищевой стеклянной тары (бутылок), так и для широкогорлой стеклотары (тара стеклянная консервная). Данные об объемах производства стеклянных бутылок и банок получены из базы данных Росстата.

Выбросы от производства стекловолокна оценивались на основе данных Росстата о производстве теплоизоляционных изделий из стекловаты и стеклотканей (табл. 4.6). Эти данные частично представлены в единицах веса, частично в единицах объема и площади. Оценка средней плотности стеклотканей и стекловаты выполнена по данным строительных компаний. Для расчетов приняты следующие значения: 50 кг/м³ для стекловаты и 50 г/м² для стеклотканей.

Данные о производстве стекловолокна в 1990 – 1996 гг. отсутствуют. Для расчета выбросов использовался метод замещения, который в данной ситуации является наиболее подходящим для оценки выбросов (таблица 5.1 первого тома руководства МГЭИК) (IPCC, 2006). В качестве замещающих данных о деятельности использовались данные о производстве строительного листового стекла.

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Таблица 4.6

Объемы производства строительного, технического, тарного стекла и изделий из стекловолокна

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Строительное ^{1,3)} , млн. м ² | | | | | | | | | | | | | | |
| 144,5 | 61,4 | 40,2 | 34,9 | 59,6 | 82,5 | 99,6 | 107,6 | 110,1 | 110,9 | 114,1 | 100,7 | 85,9 | 36,1 | 37,6 |
| Листовое термополированное ^{1,2)4)} , млн. м ² | | | | | | | | | | | | | | |
| 49,6 | 41,5 | 52,5 | 85,5 | 146,8 | 175,7 | 139,4 | 140,5 | 132,4 | 130,9 | 130,2 | 118,8 | 155,9 | 164,9 | 160,2 |
| Трехслойное безосколочное ¹⁾⁵⁾ , млн. м ² | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,8 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 2,3 | 3,3 | 3,5 | 4,7 | 5,2 | 5,8 | 5,8 | 5,1 | 7,2 | 5,2 | 5,7 |
| Закаленное (сталинит) ¹⁾⁶⁾ , млн. м ² | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3,0 | 3,9 | 5,6 | 3,8 | 4,9 | 4,6 | 4,9 | 6,8 | 8,7 | 8,8 | 5,5 | 6,2 | 4,5 | 3,7 |
| Бутылки ⁷⁾ , млн. шт. | | | | | | | | | | | | | | |
| 1414 | 1769 | 3001 | 7115 | 10985 | 10521 | 9994 | 10586 | 10404 | 9667 | 10682 | 11130 | 10564 | 11914 | 11920 |
| Банки ⁸⁾ , млн. шт. | | | | | | | | | | | | | | |
| 414 | 518 | 773 | 1013 | 1566 | 1588 | 1910 | 2002 | 2110 | 2187 | 2241 | 2729 | 2260 | 2584 | 2682 |
| Стеклохолст (стеклорожка), тыс. м ² | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 5247 | 58330 | | | | | | | | | | | |
| Ленты, ровинг (ровница) и пряжа из стекловолокна, стекловолокно рубленое, тыс. тонн | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 54,1 | 92,8 | 99,1 | 112,0 | 127,0 | 129,7 | 132,1 | 135,3 | 137,1 | 119,1 | 117,5 |
| Стекловолокно непрерывное и изделия из него, тыс. тонн | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 35,9 | 108,5 | | | | | | | | | | | |
| Сетки, холсты, маты, матрасы, плиты и прочие изделия из стекловолокна, кроме тканей, тыс. м ³ | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 53113 | 61738 | 64244 | 67314 | 74133 | 82944 | 81327 | 84776 | 91836 | 88877 | 71294 |

¹⁾ В натуральном выражении

²⁾ До 1998г. – стекло полированное

³⁾ с 2010г. стекло листовое, литое, прокатное тянутое или выдувное, но не обработанное другим способом

⁴⁾ с 2010г. стекло листовое термически полированное и стекло листовое с матовой или полированной поверхностью, но не обработанное другим способом

⁵⁾ с 2010г. стекло безопасное многослойное

⁶⁾ с 2020г. стекло безопасное закаленное для строительства

⁷⁾ с 2014г. бутылки стеклянные

⁸⁾ с 2014г. банки стеклянные

Таблица 4.7

Толщина листового строительного стекла, мм

| Вид стекла | Толщина стекла | |
|-------------------|----------------------|---------------------|
| | По (Айрапетов, 2005) | Принято для расчета |
| Оконное | 2-6 | 3,5 |
| Термополированное | 6,5-7 | 6,75 |
| Закаленное | > 4,5 | 5 |

Вес разных видов бутылок по данным справочника (Павлушкин, 1973) приводится в таблице 4.8. На основании этих данных с учетом объемов производства в РФ пива, ликероводочной продукции, коньяка, виноградных, плодовых и шампанских вин оценивался средний вес одной бутылки.

Таблица 4.8

Вес стеклянных бутылок, г

| Вид бутылки | Вес бутылки | |
|-------------|-------------------|---------------------|
| | (Павлушкин, 1973) | Принято для расчета |
| Водочные | 260-460 | 425 |
| Винные | 350-660 | 505 |
| Шампанские | 530-990 | 760 |
| Пивные | 370-480 | 360 |

Оценка выбросов неметановых летучих органических соединений при производстве стекла проводилась в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 1996). В расчетах использовался коэффициент эмиссии по умолчанию, равный 4,5 кг НМЛОС/ т. произведенного стекла.

Выбросы CO₂ от других процессов с использованием карбонатов (2.А.4)

В этой категории источников оценивались выбросы от производства керамических изделий (2.А.4а), использования кальцинированной соды (2.А.4b), неметаллургического производства магнезии (2.А.4с), а также выбросы от других видов использования карбонатов (использование доломитов в качестве огнеупоров) (2.А.4d).

Выбросы CO₂ от производства керамических изделий (2.А.4а)

Выполнена оценка выбросов CO₂ от производства керамических кирпичей, напольной, настенной и фасадной керамической плитки, и керамических сантехнических изделий.

Оценка выбросов выполнялась с использованием методики уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Содержание карбонатов в глине принималось равным 10%, количество глины, используемой для производства керамики, рассчитывалось путем умножения веса продукции на коэффициент потерь по умолчанию – 1,1 (IPCC, 2006).

В расчетах использовались данные Росстата об объемах производства керамических кирпичей и других аналогичных керамических изделий, облицовочной плитки и керамических сантехнических изделий (таблица 4.9), а также средний вес керамических изделий, полученный путем анализа интернет-сайтов компаний-поставщиков строительных материалов (таблица 4.10).

Таблица 4.9

Производство керамических изделий в России.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Керамические неогнеупорные кирпичи, блоки керамические для полов, плитки керамические несущие или облицовочные и аналогичные изделия керамические, млн. условных кирпичей (1990 – 2000 гг. – оценка) | | | | | | | | | | | | | | |
| 11108 | 6299 | 4849 | 4930 | 5627 | 7854 | 7125 | 5912 | 5965 | 5670 | 5917 | 5342 | 5342 | 5754 | 5468 |
| Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен, тыс. м ² | | | | | | | | | | | | | | |
| 29700 | 20663 | 29011 | 58832 | 57439 | 71552 | 76653 | 71862 | 76192 | 71207 | 67971 | 68198 | 74371 | 67635 | 54424 |
| Плитки керамические для полов, тыс. м ² | | | | | | | | | | | | | | |
| 11300 | 6398 | 12574 | 41317 | 69960 | 93177 | 91838 | 92348 | 97735 | 101310 | 105140 | 98171 | 107739 | 109136 | 101737 |
| Плитки керамические фасадные разных расцветок, тыс. м ² | | | | | | | | | | | | | | |
| 16800 | 4950 | 1576 | 654 | 756 | 3229 | 3171 | 3410 | 7606 | 8976 | 9547 | 9151 | 11622 | 9939 | 9110 |
| Изделия санитарные керамические, тыс. шт. | | | | | | | | | | | | | | |
| 6635 | 4407 | 5518 | 7742 | 11478 | 12662 | 13880 | 14601 | 14763 | 15883 | 15351 | 13984 | 15049 | 12978 | 12423 |

Таблица 4.10

Средний вес керамических изделий, кг

| | |
|--|-----|
| Условный кирпич | 3,8 |
| 1 м ² настенной керамической плитки | 14 |
| 1 м ² напольной керамической плитки | 19 |
| 1 м ² фасадной керамической плитки | 25 |
| Сантехническое керамическое изделие | 18 |

Выбросы CO₂ от использования кальцинированной соды (2.А.4b)

Выбросы от использования кальцинированной соды оценивались в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 0,415 т CO₂/т использованной кальцинированной соды.

При оценке выбросов CO₂ от использования соды предполагалось, что объем потребления соды в России равен объему ее производства – экспорт + импорт. Использовались данные Росстата о производстве кальцинированной соды. Данные об объемах экспорта и импорта кальцинированной соды в 1996-2020 гг. получены из базы данных ФТС России. Данные об экспорте и импорте кальцинированной соды в 1990-1995 гг. отсутствуют. Поэтому потребление кальцинированной соды в стране в 1990-1995 гг. оценивалось в предположении, что соотношение между ее потреблением и производством в 1990-1995 гг. было таким же, как и в 1996г. Данные о производстве, экспорте и импорте кальцинированной соды приводятся в таблице 4.11.

Таблица 4.11

Производство, экспорт и импорт кальцинированной соды в России, тыс. т.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 ²⁾ | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|
| Производство | | | | | | | | | | | | | | |
| 3240 | 1823 | 2201 | 2582 | 2670 | 3052 | 3078 | 3234 | 3376 | 3416 | 3402 | 3348 | 3464 | 3509 | 3471 |
| Экспорт ¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 479,9 | 544,1 | 298,6 | 479,5 | 621,4 | 714,7 | 810,0 | 845 | 697,2 | 737,3 | 729,3 | C ³⁾ | C ³⁾ |
| Импорт ¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 17,0 | 164,3 | 361,1 | 227,4 | 117,2 | 89,0 | 127,6 | 5,9 | 5,5 | 24,8 | 90,3 | C ³⁾ | C ³⁾ |
| Количество кальцинированной соды, использованной для производства стекла | | | | | | | | | | | | | | |
| 484 | 343 | 418 | 738 | 1594 | 1781 | 1698 | 1777 | 1813 | 1853 | 1895 | 1890 | 2008 | 1992 | 1842 |

¹⁾ По данным ФТС России с учетом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС. Данные приведены без учета взаимной торговли с Республикой Казахстан за июль – декабрь 2010 г. в связи с отменой таможенного оформления товаров на российско-казахстанской границе с 1 июля 2010 г.

²⁾ С 2010г. карбонат динатрия (карбонат натрия, сода кальцинированная)

³⁾ Информация является конфиденциальной

В национальном кадастре предыдущего года по требованию группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению национальных кадастров во избежание двойного учета выбросов CO₂ от производства стекла (2.А.3) и использования кальцинированной соды (2.А.4b) выполнен перерасчет выбросов для всего временного ряда с исключением выбросов CO₂, связанных с использованием соды в процессе варки стекломассы. Выбросы от использования кальцинированной соды при производстве стекла должны учитываться в категории 2.А.3 Производство стекла.

Для этого была выполнена оценка объемов использования соды для производства стекла. Удельный расход кальцинированной соды на производство стекла в среднем составляет 22,8 кг/100 кг стекла (21,7 - 23,9) (Павлушкин, 1973). Оценка объемов использования соды была выполнена для всех видов стекла: архитектурно-строительного, тарного и стекловолокна. Результаты оценки представлены в таблице 4.11. Количество кальцинированной соды, использованной

для производства стекла, вычиталось из общего количества кальцинированной соды, использованной в стране, выбросы от которой учитываются в категории 2.А.4b.

Выбросы CO₂ от неметаллургического производства магнезии (2.А.4с)

Выбросы CO₂ от неметаллургического производства магнезии оценивались в соответствии с методикой уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006) на основании данных об объемах добычи и использования в стране магнезита. 90% добываемого в стране магнезита используется для производства магнезии (Сенаторов и др., 2006 – 2015). При этом 95% магнезита используется огнеупорной промышленностью (намертво обожженный магнезит) (Романович, 1999). При его обжиге CO₂ теряется полностью. 5% используется для производства кальцинированной магнезии, при производстве которой теряется 96-98% содержания CO₂ (IPCC, 2006).

Практически весь магнезит добывается на месторождениях Саткинской группы в Челябинской области (97,5% в 1996 г. (Романович, 1999) и 98,7% в 2004 (Аксенов, 2007)). Среднее содержание MgCO₃ на этих месторождениях составляет 93,5%.

При расчетах использовался коэффициент выбросов МГЭИК, основанный на соотношении молекулярных весов магнезита и CO₂ и равный 0,522 тонны CO₂/тонну использованного магнезита.

В таблице 4.12 приводятся данные об объемах добычи магнезита в РФ (Сенаторов и др., 2006 – 2015). Данные об использовании магнезита в 2016 г. отсутствуют, поэтому в расчетах использовалась оценка, выполненная методом интерполяции. В 2017 – 2023 гг. данные об объемах добычи магнезита получены из базы данных Росстата.

Таблица 4.12

Добыча магнезита в России, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 ²⁾ | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| 4654 | 3609 | 2637 | 2950 | 2575 | 2238 | 1977 | 1579 ¹⁾ | 1258 | 1064 | 935 | 982 | 1057 | 1175 | 900 |

¹⁾ оценка

²⁾ с 2017 г. Карбонат магния (магнезит) природный, магнезия и прочие оксиды магния

Выбросы CO₂ от другого использования карбонатов (использование доломитов в качестве огнеупоров) (2.А.4.d)

Выбросы CO₂ от использования доломитов оценивались по методике уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006). Для оценки выбросов CO₂ использовался коэффициент эмиссии по умолчанию, равный 0,477 тонн CO₂/тонну доломита (IPCC, 2006), рассчитанный на основании стехиометрического уравнения для химически чистых доломитов.

Выбросы CO₂ от использования доломитов связаны с производством смолодоломитовых и смолодоломит-магнезитовых огнеупоров, доломитового кирпича, заправочного материала (устройство и ремонт отдельных частей мартеновских печей и конвертеров) преимущественно в металлургии.

Оценка объемов использования доломитов в производстве огнеупорных материалов выполнена в отчетах (Сенаторов и др., 2006 – 2015). Оценка объемов использования доломитов в производстве огнеупоров проводилась по объемам добычи доломитов для металлургии. Мониторинг добычи карбонатных пород для различных производств ведется в рамках Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ. Около 5-10% добытых для металлургии доломитов используются не по назначению (Сенаторов и др., 2006). Поэтому в 1990 – 2010 гг. объем потребления доломитов в металлургии и для производства огнеупоров оценивался как 92,5% от объемов добычи доломитов для металлургии. Начиная с 2011 г. доля доломитов, используемых не по назначению, растет и в настоящее время составляет около 30 -35% (Сенаторов и др., 2012 – 2016). Оценки объемов потребления доломитов в металлургии и для производства огнеупоров приводятся в таблице 4.13. С 2010 при оценке выбросов CO₂ используются данные Росстата о добыче доломитов.

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Таблица 4.13

Расчет объемов использования доломитов в производстве огнеупорных материалов, млн. т.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 ¹⁾ | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Объем добычи доломитов | | | | | | | | | | | | | | |
| 23,6 | 12,2 | 8,2 | 6,3 | 5,0 | 6,2 | 9,5 | 7,5 | 10,2 | 14,6 | 11,0 | 9,9 | 10,6 | 10,0 | 9,8 |
| Использование доломитов в металлургии | | | | | | | | | | | | | | |
| 21,8 | 11,3 | 7,6 | 5,8 | 4,6 | 4,2 | 6,5 | 5,1 | 6,9 | 9,9 | 7,4 | 6,7 | 7,2 | 6,7 | 6,6 |

¹⁾ С 2010 г. объем добычи доломитов приводится по данным Росстата.

Используемые в промышленности доломиты не являются химически чистыми и в небольших количествах содержат примеси некарбонатных, в том числе глинистых минералов, а также обломочных частиц различного состава. При расчете выбросов CO₂ вводился поправочный коэффициент, учитывающий наличие некарбонатных примесей в доломитах, используемых в производстве огнеупоров.

Для определения допустимого наличия примесей, использовались требования, предъявляемые к доломитам, используемым в качестве сырья в черной и цветной металлургии.

Действующие стандарты и технические условия определяют минимальное содержание оксида магния (MgO) в доломитах, а также максимально допустимое содержание в сырье некоторых примесей: в том числе CaO в доломитах. Отраслевые стандарты (ОСТ) и технические условия (ТУ) для доломитов, используемых в металлургии и производстве огнеупоров, представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14

Требования к доломитам, используемым в качестве сырья при производстве огнеупоров

| Область применения | Минимальное содержание MgO в сырье, % | Максимальное содержание CaO в сырье, % | Минимальное содержание химически чистого доломита в сырье, % | Допустимое содержание химически чистого извести в сырье, % | Минимальное содержание карбонатных пород в сырье, % | Источник информации |
|--|---------------------------------------|--|--|--|---|---|
| Конвертерные доломиты | 33 | 19 | 86,92 | 11,72 | 92,78 | ТУ 14-8-232-77 Доломит дробленый для производства конвертерных огнеупоров |
| Доломит для обжига и заправки мартеновских печей | | 19 | 87,69 | 11,72 | 93,56 | ОСТ 1485-82 Доломит обожженный металлургический |
| Доломит для обжига и заправки мартеновских печей | | 17 | 77,77 | 15,99 | 85,76 | ОСТ 1485-82 Доломит обожженный металлургический |
| Доломит для заправки и подсыпки порогов мартеновских печей | | 12 | 54,89 | 15,99 | 62,89 | ОСТ 1484-82 Доломит сырой металлургический |
| Химически чистый доломит | 21,86 | 30,41 | 100 | 0 | | Бирюлев Г.Н. и др., 1999 |

Для каждой области использования доломитов определялось среднее минимальное допустимое содержание карбонатных пород в сырье. Для корректировки выбросов CO₂ использовалось среднее значение между чистыми (100%) доломитами и минимальным допустимым по ОСТам и ТУ содержанием доломитов в сырье (табл. 4.15).

*Среднее содержание чистых доломитов в карбонатном сырье,
используемом в металлургии, %*

| Область использования | Среднее содержание карбонатных пород в сырье |
|---|--|
| Использование доломитов для производства огнеупоров | 90,89 |

4.2.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2.А оценка неопределенностей выбросов CO₂ проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2000, 2006) для следующих источников:

- производство цемента;
- производство извести;
- производство стекла;
- другие процессы с использованием карбонатов;
- потребление кальцинированной соды.

Использовались формулы расчета неопределенностей от суммы и произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; IPCC, 2006).

Производство цемента. Неопределенность исходных данных Росстата о производстве клинкера составляет 3%. Неопределенности, связанные с принятыми по умолчанию параметрами расчета выбросов CO₂, составляют 6% для предположения о содержании CaO в клинкере, равного 65,6%, 2% для предположения о том, что весь CaO в клинкере получен в результате обжига известняка (IPCC, 2006). Установленное по умолчанию значение потерь цементной пыли при производстве клинкера, равное 2% (IPCC, 2006), в условиях устаревшего оборудования на российских цементных заводах может быть значительно выше. Неопределенность этого параметра достигает 100%.

Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CO₂ от производства цемента составляет 8%.

Производство извести. Строительная и технологическая известь производится многими, в том числе мелкими предприятиями, преимущественно для собственных нужд и не всегда учитывается органами государственной статистики. Поэтому неопределенность данных Росстата об объемах производства строительной и технологической принимается равной 30%.

Неопределенности, связанные с использованием установленных по умолчанию коэффициентов выбросов, для жирной и доломитовой извести составляют соответственно 2% и 2% (IPCC, 2006).

Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CO₂ от производства извести практически полностью определяется неопределенностью исходных данных о производстве извести и составляет 31%.

Производство стекла. Неопределенность данных о деятельности с учетом перевода в весовые единицы составляет 10% для листового и тарного стекла и 20% – для стекловолокна. Неопределенность коэффициентов выбросов – 10% (IPCC, 2006). Неопределенность, связанная с долей стеклобоя, составляет от 10 (для листового стекла) до 30% (для стекловолокна) (IPCC, 2006). Суммарная неопределенность оценки выбросов CO₂ от производства стекла по методике уровня 2 составляет 18%.

Другие процессы с использованием карбонатов. Неопределенность оценки объемов использования доломитов в обжиговых производствах составляет 7% (Сенаторов, 2006).

Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ определяется неопределенностью содержания химически чистого доломита в реальных доломитах и составляет не более 3%, в связи с жесткими требованиями к качеству исходного минерального сырья, предъявляемыми действующими стандартами и техническими условиями.

Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CO₂ от использования доломитов составляет около 8%.

Потребление кальцинированной соды. Неопределенность выбросов CO₂ при потреблении кальцинированной соды полностью определяется неопределенностью данных об объемах потребления соды, так как коэффициенты выбросов определяются по стехиометрии.

Неопределенность данных о потреблении кальцинированной соды может достигать 20%, в 1990-1995 гг., так как отсутствуют данные об объемах экспорта и импорта кальцинированной соды в этот период. В 1996-2023 гг. неопределенность выбросов CO₂ от использования кальцинированной соды составляет не более 3%.

4.2.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

1. В настоящем кадастре выбросов ПГ выполнены незначительные корректировки выбросов CO₂ в 2019 – 2021 гг. от производства стекла, извести, потребления кальцинированной соды и других процессов с использованием карбонатов, связанные с корректировкой Росстатом данных о деятельности.

4.3 Химическая промышленность (2.В)

4.3.1 Обзор

Для субсектора «Химическая промышленность» проводилась оценка выбросов следующих парниковых газов: CO₂ от производства аммиака (2.В.1), карбида кальция (2.В.5.а) и карбида кремния (2.В.5.б), диоксида титана (2.В.6), от нефтехимических производств (2.В.8), от производства водорода (2.В.10); CH₄ от производства карбида кремния (2.В.5.б) и нефтехимических производств (2.В.8); N₂O от производства азотной кислоты (2.В.2), капролактама и глиоксали (2.В.4). Кроме того, оценивались выбросы в атмосферу газов с косвенным парниковым эффектом: CO, НМЛОС, SO₂ от производства аммиака и NO_x от производства азотной кислоты, выбросы SO₂ от производства серной кислоты, НМЛОС, SO₂, CO, NO_x от производства технического углерода, НМЛОС от производства этилена, пропилена, полипропилена, полистирола, поливинилхлорида, полиэтилена, стирола, этилбензола и акрилонитрила (2.В.8). Также в кадастре проводилась оценка выбросов от производства фторсодержащих соединений (2.В.9), а именно оценка попутных выбросов трифторметана (ГФУ-23) при производстве хлордифторметана (ГХФУ-22) (2.В.9.а), а также оценка fugitивных выбросов при производстве других галоидоуглеводородов и гексафторида серы (2.В.9.б).

Адипиновая кислота (2.В.3) в России не производится, Выбросы CO₂ от производства кальцинированной соды (2.В.7) в Российской Федерации отсутствуют.

Результаты оценок выбросов ПГ представлены в таблице 4.16. В 1991-1998 гг. наблюдалось снижение выбросов, связанное с падением производства. В 1996 г. выбросы ПГ в химической промышленности достигли минимального уровня и составляли 55,6% от выбросов 1990г. В 2023г. суммарные выбросы ПГ от химической промышленности составили 64176 Гг CO₂-экв. или 86,6% от уровня 1990г.

Основным источником ПГ в химической отрасли являются выбросы CO₂ от производства аммиака, доля которых в 2023 г. составила 52,9%. Следующие по значимости источники ПГ – нефтехимическая промышленность, выбросы от которой составили 18,7% суммарного выброса ПГ в химической промышленности и производство водорода, выбросы от которого составили 12,6% суммарного выброса ПГ в химической промышленности. Выбросы метана от производства карбида кремния, метанола, этилена, винилхлорида, окиси этилена, акрилонитрила и сажи (технического углерода) существенно ниже и в 2023 г. составляли 1,0% суммарного выброса ПГ в химической промышленности. Выбросы от производства фторсодержащих соединений в 2023 г. составили 10559 Гг CO₂-экв, что составляет 16,5% суммарного выброса парниковых газов в химической промышленности.

Таблица 4.16

Выбросы парниковых газов в химической промышленности, Гг CO₂-экв

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Выбросы CO ₂ от производства аммиака | | | | | | | | | | | | | | |
| 31411 | 24910 | 25396 | 28637 | 29001 | 31241 | 31893 | 33490 | 34794 | 36147 | 37765 | 38540 | 39011 | 33443 | 33952 |
| Стоки CO ₂ при производстве карбамида | | | | | | | | | | | | | | |
| -3299 | -2910 | -2425 | -3362 | -4029 | -4404 | -4727 | -5305 | -5864 | -6038 | -6329 | -6440 | -6593 | -6964 | -7995 |
| Выбросы CO ₂ от производства и потребления карбида кальция | | | | | | | | | | | | | | |
| 634 | 335 | 418 | 316 | 150 | 113 | 21 | 20 | 22 | 21 | 26 | 25 | 27 | 20 | 0,4 |
| Выбросы CO ₂ от производства карбида кремния | | | | | | | | | | | | | | |
| 84 | 101 | 110 | 140 | 180 | 168 | 185 | 175 | 185 | 204 | 206 | 218 | 215 | 215 | 211 |
| Выбросы CO ₂ от производства диоксида титана | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,7 | 5,4 | 5,1 | 3,6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Выбросы CO ₂ от производства метанола | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009 | 1220 | 1399 | 2193 | 2124 | 2579 | 2360 | 2470 | 2616 | 2795 | 2786 | 2586 | 2641 | 2698 | 2328 |
| Выбросы CO ₂ от производства этилена | | | | | | | | | | | | | | |
| 3431 | 2522 | 2796 | 3383 | 3357 | 3521 | 3816 | 3879 | 3689 | 3947 | 3834 | 5594 | 6481 | 5960 | 5996 |
| Выбросы CO ₂ от производства винилхлорида (этилендихлорида/хлористого винила) | | | | | | | | | | | | | | |
| 131 | 80 | 147 | 176 | 163 | 182 | 224 | 218 | 255 | 270 | 279 | 282 | 291 | 254 | 257 |
| Выбросы CO ₂ от производства окиси этилена | | | | | | | | | | | | | | |
| 539 | 363 | 395 | 467 | 414 | 340 | 231 | 224 | 244 | 255 | 468 | 482 | 460 | 415 | 337 |
| Выбросы CO ₂ от производства акрилонитрила | | | | | | | | | | | | | | |
| 121 | 92 | 83 | 152 | 140 | 147 | 149 | 158 | 157 | 156 | 170 | 151 | 151 | 151 | 151 |
| Выбросы CO ₂ от производства сажи (технического углерода) | | | | | | | | | | | | | | |
| 3078 | 990 | 1354 | 2166 | 2122 | 2492 | 2622 | 2813 | 3050 | 3269 | 3043 | 2923 | 3463 | 2913 | 2912 |
| Выбросы CO ₂ от производства водорода | | | | | | | | | | | | | | |
| 508 | 349 | 1362 | 2330 | 3347 | 4363 | 4913 | 4369 | 5784 | 6686 | 6948 | 7413 | 7806 | 8337 | 8100 |
| Всего CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | |
| 38653 | 28056 | 31040 | 36602 | 36968 | 40743 | 41687 | 42511 | 44931 | 47711 | 49195 | 51775 | 53953 | 47441 | 46251 |

Продолжение таблицы 4.16

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Выбросы CH ₄ от производства карбида кремния | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 14 | 15 | 19 | 25 | 23 | 25 | 24 | 25 | 28 | 28 | 30 | 29 | 29 | 29 |
| Выбросы CH ₄ от производства метанола | | | | | | | | | | | | | | |
| 162 | 98 | 123 | 190 | 189 | 230 | 232 | 236 | 263 | 283 | 292 | 285 | 290 | 291 | 251 |
| Выбросы CH ₄ от производства этилена | | | | | | | | | | | | | | |
| 195 | 134 | 159 | 177 | 200 | 201 | 224 | 234 | 240 | 251 | 262 | 353 | 373 | 368 | 370 |
| Выбросы CH ₄ от производства винилхлорида (этилендихлорида/хлористого винила) | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,28 | 0,17 | 0,32 | 0,38 | 0,35 | 0,39 | 0,48 | 0,47 | 0,55 | 0,58 | 0,60 | 0,61 | 0,63 | 0,55 | 0,55 |
| Выбросы CH ₄ от производства окиси этилена | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 21 | 23 | 27 | 24 | 20 | 13 | 13 | 14 | 15 | 27 | 28 | 27 | 24 | 20 |
| Выбросы CH ₄ от производства акрилонитрила | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,61 | 0,46 | 0,42 | 0,77 | 0,71 | 0,74 | 0,75 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,85 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 |
| Выбросы CH ₄ от производства сажи (технического углерода) | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,63 | 0,52 | 0,72 | 1,15 | 1,12 | 1,32 | 1,39 | 1,49 | 1,61 | 1,73 | 1,61 | 1,55 | 1,83 | 1,54 | 1,54 |
| Всего CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| 402 | 268 | 321 | 415 | 440 | 476 | 497 | 510 | 545 | 579 | 612 | 699 | 722 | 715 | 673 |
| Выбросы N ₂ O от производства азотной кислоты | | | | | | | | | | | | | | |
| 3192 | 2031 | 2267 | 3096 | 3902 | 4043 | 4398 | 4605 | 4848 | 4781 | 5071 | 5473 | 5472 | 5799 | 5876 |
| Выбросы N ₂ O от производства капролактама | | | | | | | | | | | | | | |
| 552 | 378 | 589 | 735 | 786 | 732 | 779 | 854 | 875 | 928 | 922 | 870 | 897 | 897 | 816 |
| Выбросы N ₂ O от производства глиоксала | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Всего N ₂ O | | | | | | | | | | | | | | |
| 3745 | 2408 | 2855 | 3831 | 4687 | 4775 | 5177 | 5459 | 5724 | 5709 | 5993 | 6343 | 6369 | 6696 | 6692 |
| Выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 | | | | | | | | | | | | | | |
| 30110 | 12925 | 22118 | 14966 | 6867 | 10995 | 7920 | 7666 | 9893 | 15113 | 8415 | 9815 | 9424 | 10145 | 10272 |

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Продолжение таблицы 4.16

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Фугитивные выбросы от производства ГФУ-23 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 1,77 | 0,30 | 0,12 | - | - | 0,63 | 0,60 | 0,20 | 1,44 | 1,57 | 0,87 | 1,01 |
| Фугитивные выбросы от производства ГФУ-125 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | 3,00 | 19,38 | 3,72 | 0,14 | - | - | 1,59 | 6,46 | 0,17 | - | 0,00 | - | - |
| Фугитивные выбросы от производства ГФУ-227ea | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 0,26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Всего ГФУ | | | | | | | | | | | | | | |
| 30110 | 12925 | 22121 | 14987 | 6871 | 10996 | 7920 | 7666 | 9895 | 15120 | 8415 | 9816 | 9426 | 10145 | 10273 |
| Фугитивные выбросы от производства CF ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,05 | 2,40 | 12,36 | 8,18 | 2,16 | 0,75 | 0,43 | 0,47 | 0,66 | 0,85 | 0,61 | 0,32 | 0,66 | - | - |
| Фугитивные выбросы от производства C ₃ F ₈ | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,26 | 0,02 | 0,76 | 0,72 | 3,91 | 1,82 | 1,50 | 0,83 | 0,45 | 0,07 | - | - | - | - | - |
| Фугитивные выбросы от производства c-C ₄ F ₈ | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,24 | 0,08 | 2,97 | 5,48 | 0,22 | 2,34 | 3,38 | 6,01 | 4,35 | 3,92 | 11,39 | 14,57 | 17,99 | 7,35 | 1,80 |
| Всего ПФУ | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,54 | 2,50 | 16,08 | 14,38 | 6,28 | 4,92 | 5,31 | 7,31 | 5,45 | 4,84 | 12,01 | 14,90 | 18,65 | 7,35 | 1,80 |
| Фугитивные выбросы от производства SF ₆ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1173 | 390 | 656 | 1226 | 499 | 537 | 503 | 321 | 553 | 468 | 435 | 371 | 424 | 223 | 285 |
| Всего выбросы парниковых газов от химической промышленности | | | | | | | | | | | | | | |
| 74086 | 44050 | 57010 | 57076 | 49472 | 57532 | 55789 | 56474 | 61653 | 69593 | 64662 | 69018 | 70914 | 65229 | 64176 |

4.3.2 Методика расчетов

Выбросы CO₂ от производства аммиака (2.В.1)

В настоящем кадастре оценка выбросов CO₂ от производства аммиака была рассчитана в соответствии с методикой Уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006), использующей в качестве исходных данных для расчета объем потребления природного газа в качестве сырья для производства азотоводородной смеси. Расчет базировался на данных по объемам производства аммиака и удельному потреблению природного газа для агрегатов по производству аммиака, работающих на предприятиях азотной промышленности России. Эти данные были переданы научно-исследовательской фирмой «Азотэкон». Они охватывают от 72% (в 1990г.) до 95-99,5% (в 2000-2014 гг.) суммарных объемов производства аммиака в РФ (по данным Росстата). Следует отметить, что с 2000 до 2013 г. наблюдалось постепенное снижение удельного потребления природного газа на производство 1 тонны аммиака: если в 1990 г. оно составляло для различных агрегатов 1228 – 1780 м³/т, то в 2013г. – 973 – 1344 м³/т. По полученным данным было рассчитано средневзвешенное удельное потребление природного газа для производства 1т аммиака.

При подготовке предыдущего кадастра выбросов ПГ была выполнена актуализация этого показателя. Для этого в 2020-2021 гг. на все 15 предприятий-производителей аммиака были направлены запросы об объемах производства аммиака и удельном расходе природного газа в 2019 г. для всех работающих на предприятиях агрегатах. Ответы получены от 13 предприятий, доля которых в производстве аммиака в стране в 2019 г. составляла 94,5%.

Полученные данные показали, что удельное потребление природного газа на производство аммиака продолжает снижаться и составляет в настоящее время от 963 до 1324 м³/т, причем для большинства агрегатов (71% производства аммиака) удельное потребление природного газа не превышает 1100 м³/т.

По предоставленным данным была выполнена оценка средневзвешенного удельного потребления природного газа при производстве аммиака в стране, которая составила в 2019 г. 1068,1 м³/т. Для периода 2015 – 2018 гг. данные предприятий отсутствуют и удельное потребление природного газа для этого периода времени оценивалось по тренду.

Значения средневзвешенного удельного потребления природного газа (по данным предприятий) и данные об объемах производства аммиака (Росстат) приводятся в таблице 4.17.

Коэффициент выбросов рассчитывался по формуле:

$$EF = CCF \cdot COF \cdot 44/12,$$

где: CCF – коэффициент углеродного содержания природного газа по умолчанию, равный 14,836 кг/ГДж;

COF – коэффициент окисления углерода, равный 1,0 (сектор Энергетика).

Национальное значение коэффициента углеродного содержания природного газа разработано с учетом физико-химических характеристик товарного газа, транспортируемого по магистральным трубопроводам и поступающего потребителям.

Помимо выбросов CO₂, для производства аммиака оценивались выбросы НМЛОС, СО и SO₂. Для этой оценки использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 1996), равные, соответственно, 4,7 кг НМЛОС/т аммиака, 7,9 кг СО/ т аммиака и 0,03 кг SO₂/т аммиака.

Согласно указаниям МГЭИК (IPCC, 2006), для получения выбросов CO₂, следует из общего количества CO₂, образовавшегося при производстве аммиака, вычесть количество CO₂, извлечённого для последующего производства карбамида.

Количество CO₂, необходимое для производства карбамида, оценивалось на основе данных Росстата об объемах производства карбамида (таблица 4.17) и расходного коэффициента, равного 0,733 т CO₂/на тонну произведенного карбамида (IPCC, 2006). Стоки CO₂ при производстве карбамида представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.17

Производство синтетического аммиака, удельное потребление природного газа для производства аммиака и производство карбамида в России

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Объем производства аммиака ¹⁾²⁾ , тыс. т | | | | | | | | | | | | | | |
| 12592 | 9657 | 10640 | 12473 | 13295 | 14600 | 15152 | 16181 | 17100 | 18077 | 19224 | 19618 | 19857 | 17023 | 17283 |
| Удельное потребление природного газа, м ³ /т | | | | | | | | | | | | | | |
| 1356 | 1402 | 1298 | 1249 | 1186 | 1163 | 1144 | 1125 | 1106 | 1087 | 1068 | 1068 | 1068 | 1068 | 1068 |
| Объем производства карбамида, тыс. т | | | | | | | | | | | | | | |
| 4500 | 3970 | 3309 | 4586 | 5497 | 6009 | 6449 | 7238 | 8000 | 8237 | 8635 | 8786 | 8994 | 9501 | 10907 |

¹⁾ с 2010г. аммиак безводный

²⁾ с 2017г. аммиак

Выбросы N₂O от производства азотной кислоты (2.В.2)

Производство азотной кислоты сопровождается выбросами N₂O, как побочного продукта каталитического окисления аммиака при высокой температуре. Оценка выбросов N₂O от производства азотной кислоты проводилась с использованием методики Уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Расчет проводился в соответствии с уравнением 3.5 МГЭИК, использовался коэффициент эмиссии по умолчанию, выбранный из коэффициентов, приведенных в таблице 3.3. В России установки по производству азотной кислоты или изначально проектировались с системами каталитической очистки выбрасываемых в атмосферу газов, или были оснащены такими системами в период до 1990 г. (Развитие химической промышленности, 1984; Справочник азотчика, 1987; Пископпель, 2001; Информационно-технический справочник, 2019). Поэтому для расчетов был выбран коэффициент эмиссии N₂O, равный 2 кг N₂O/т азотной кислоты (IPCC, 2006).

Выбросы NO_x оценивались по методике МГЭИК (IPCC, 1996). В связи с тем, что в конце 80 – начале 90 годов в России были выведены из эксплуатации старые производства азотной кислоты, использующие процесс под атмосферным давлением (Пископпель, 2001), при расчетах использовался коэффициент эмиссии по умолчанию для технологических процессов под высоким давлением, равный 0,55 кг NO_x/ т азотной кислоты.

Получение данных об объемах производства азотной кислоты в России столкнулось с трудностями, связанными с тем, что статистика не учитывает выпуск слабой (неконцентрированной) кислоты, перерабатываемой на предприятиях – производителях в другую продукцию. Полностью учитывается производство товарной слабой кислоты и производство крепкой кислоты. Неконцентрированная азотная кислота, как правило, используется для внутризаводского применения и практически не транспортируется. Мощности по ее производству сбалансированы с мощностями по переработке: производству аммиачной селитры, сложных удобрений, получаемых азотнокислым или азотно-сернокислотным разложением фосфатного сырья и для других целей.

Объем неконцентрированной азотной кислоты, используемой в производстве удобрений, может быть оценен косвенно, по имеющимся данным об объемах производства минеральных удобрений. В национальном кадастре выбросов ПГ выполнен расчет количества азотной кислоты, использованной для производства нитратных и комплексных минеральных удобрений. Оценено количество азотной кислоты, которое было использовано для производства аммиачной селитры, нитратов натрия и кальция, а также комплексных минеральных удобрений: азофоски и нитроаммофоски.

Данные о производстве комплексных минеральных удобрений - азофоски и нитроаммофоски с 2017 года Росстатом не разрабатываются, до настоящего времени оценка их производства в 2017 – 2020 гг. производилась по тренду. В настоящем кадастре объемы производства азофоски и нитроаммофоски в 2017 – 2023 гг. оцениваются с учетом доли объемов производства азофоски и нитроаммофоски в общем объеме производства минеральных удобрений в 2010-2016 гг. составлявших в среднем 17,1% и 3,5% соответственно. На основании полученных новых данных об объемах производства азофоски и нитроаммофоски был выполнен перерасчет объемов использования азотной кислоты в производстве комплексных удобрений.

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Для оценки количества азотной кислоты, переработанной в нитрат аммония (аммиачную селитру), нитраты кальция и натрия использовались расходные коэффициенты, рассчитанные по стехиометрическим соотношениям. Для оценки количества азотной кислоты, затраченной на производство нитроаммофосфатов, применялся единый расходный коэффициент, рассчитанный для производства нитроаммофоски и равный 0,135 т (в единицах N) азотной кислоты на 1 т (в единицах P_2O_5+N) нитроаммофоски (Соколов, 2003). Такое упрощение не должно привести к большим погрешностям ввиду сходства технологических схем производства и существенного преобладания объемов производства нитроаммофоски. С 1998г. объем производства нитроаммофоски в России составляет более 95% объема производства всех нитроаммофосфатов, а в 2009г. – 100%. Для перевода метрических тонн нитроаммофоски в тонны P_2O_5+N применялся коэффициент 0,35; для перевода метрических тонн азотной кислоты в тонны азота – коэффициент 0,22. Расходные коэффициенты, использованные для оценки количества азотной кислоты, затраченной на производство минеральных удобрений, приводятся в таблице 4.18.

Таблица 4.18

Коэффициенты расхода азотной кислоты на производство минеральных удобрений, т/т.

| | Расходные коэффициенты |
|---------------------------|------------------------|
| Нитрат аммония | 0,786 |
| Нитрат кальция | 0,768 |
| Нитрат натрия | 0,741 |
| Нитроаммофоска (азофоска) | 0,215 |

Общее производство азотной кислоты, приведенное в таблице 4.20, складывается из данных статистики и результатов расчета количества азотной кислоты, использованной для производства минеральных удобрений (таблица 4.19). Поскольку Росстат приводит данные о производстве азотной кислоты в моногидрате, то для перевода объемов производства в 100% азотную кислоту они умножались на пересчетный коэффициент, равный 0,7778.

Таблица 4.19

Производство азотных и комплексных удобрений и оценка количества азотной кислоты, использованной для этого производства, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Производство нитрата аммония | | | | | | | | | | | | | | |
| 6614 | 4096 | 4667 | 6059 | 7968 | 8222 | 9030 | 9446 | 9855 | 9616 | 10205 | 11101 | 11013 | 11668 | 11735 |
| Производство нитрата кальция | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2,6 | 3,2 | 11,3 | 6,6 | 30,1 | 50,3 | 83,1 | 107,5 ¹⁾ | 137,6 ¹⁾ | 163,8 ¹⁾ | 192,6 ¹⁾ | 219,7 ¹⁾ | 247,9 ¹⁾ | 275,4 ¹⁾ |
| Производство нитрата натрия | | | | | | | | | | | | | | |
| 23,3 | 8,4 | 17,9 | 32,7 | 21,2 | 23,6 | 22,1 | 22,9 | 22,9 | 22,6 | 23,7 | 21,6 | 24,5 | 21,9 | 22,6 |
| Производство нитроаммофосфатов | | | | | | | | | | | | | | |
| 1180 | 1922 | 1845 | 3071 | 3775 | 3771 | 3876 | 3936 | 4465 ²⁾ | 4625 ²⁾ | 4938 ²⁾ | 5040 ²⁾ | 5238 ²⁾ | 5533 ²⁾ | 5809 ²⁾ |
| Расход азотной кислоты | | | | | | | | | | | | | | |
| 5469 | 3640 | 4080 | 5454 | 7094 | 7313 | 7985 | 8351 | 8805 ²⁾ | 8673 ²⁾ | 9225 ²⁾ | 9972 ²⁾ | 9968 ²⁾ | 10566 ²⁾ | 10699 ²⁾ |

¹⁾ – оценка ИГКЭ. С 2017 г. информация о производстве нитрата кальция (селитры кальциевой) Росстатом не разрабатывается.

²⁾ – оценка ИГКЭ.

Таблица 4.20

Производство азотной кислоты, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Крепкая, в моногидрате ¹⁾³⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 649,2 | 227,7 | 205,6 | 162,9 | 117,2 | 114,6 | 108,2 | 117,7 | 113,6 | 98,9 | 81,6 | 81,1 | 76,2 | 85,3 | 85,5 |
| Слабая, в моногидрате ⁴⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 63,3 | 17,4 | 47,5 | 334,6 | 226,9 | 291,1 | 295,0 | 316,1 | 327,3 ⁵⁾ | 346,9 ⁵⁾ | 359,3 ⁵⁾ | 375,6 ⁵⁾ | 381,6 ⁵⁾ | 397,9 ⁵⁾ | 413,1 ⁵⁾ |
| Слабая, использованная на производство минеральных удобрений | | | | | | | | | | | | | | |
| 5469 | 3640 | 4080 | 5454 | 7094 | 7313 | 7985 | 8351 | 8805 ⁵⁾ | 8673 ⁵⁾ | 9225 ⁵⁾ | 9972 ⁵⁾ | 9968 ⁵⁾ | 10566 ⁵⁾ | 10699 ⁵⁾ |
| Всего, 100%- кислота ²⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 6023 | 3831 | 4277 | 5841 | 7362 | 7628 | 8299 | 8688 | 9148 | 9020 | 9568 | 10327 | 10324 | 10942 | 11087 |

¹⁾ 1990г. – оценка ИГКЭ²⁾ Округленные значения³⁾ С 2010г. кислота азотная концентрированная (крепкая) в моногидрате⁴⁾ С 2010г. кислота азотная неконцентрированная (слабая) в моногидрате (товарный выпуск) и кислота азотная специальная в моногидрате концентрации 70 – 75%.⁵⁾ оценка ИГКЭВыбросы N₂O от производства капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты (2.В.4)

Производство капролактама и глиоксаля сопровождается выбросами N₂O на стадии окисления аммиака (при производстве капролактама) и при окислении ацетальдегида (этанала) (производство глиоксаля). Производство глиоксиловой кислоты в России отсутствует. Оценка выбросов N₂O от производства капролактама и глиоксаля проводилась с использованием методики уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Данные о производстве капролактама и глиоксаля представлены в таблице 4.21.

Оценка выбросов N₂O от производства капролактама производилась по формуле 3.9 (IPCC, 2006).

Для оценки выбросов N₂O от производства капролактама использовался коэффициент выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), равный 9 кг N₂O /т.

В РФ производство глиоксаля осуществляется с 2009 года. По опубликованным данным (Курина, 2002; Михайлов, 2012) глиоксаль в РФ производится с использованием технологии каталитического окисления этиленгликоля. Азотная кислота при производстве не используется и выбросы N₂O от производства глиоксаля отсутствуют.

Таблица 4.21

Производство капролактама и мощности по производству глиоксаля в России

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Производство капролактама, тыс. т ¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 232 | 158 | 247 | 308 | 329 | 307 | 326 | 358 | 367 | 389 | 387 | 365 | 376 | 376 | 342 |
| Мощности по производству глиоксаля, т | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 |

¹⁾ С 2010г информация Росстатом не разрабатываетсяВыбросы CO₂ и CH₄ от производства карбидов (2.В.5)

В данном разделе учтены выбросы CO₂ и CH₄ от производства карбида кремния (2.В.5.а) и выбросы CO₂ от производства и потребления карбида кальция (2.В.5.б).

Карбид кремния производится из кварцевого песка и нефтяного кокса, используемого в качестве источника углерода. В процессе производства около 35% углерода нефтяного кокса переходит в карбид кремния, а оставшая часть в избытке кислорода превращается в углекислый газ и выбрасывается в атмосферу.

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Некоторое количество метана также выбрасывается в атмосферу в процессе производства карбида кремния.

В России карбид кремния производится только на ОАО «Волжский абразивный завод» в г. Волжский Волгоградской области. Получены данные завода об объемах производства карбида кремния и затратах нефтяного кокса на его производство в 1990-2023 гг. С 2022 г. для производства карбида кремния используется также антрацит. Данные о производстве карбида кремния и потреблении сырья приводятся в таблице 4.22.

Таблица 4.22

Производство карбида кремния и объемы затрат нефтяного кокса на его производство, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Производство | | | | | | | | | | | | | | |
| 36,5 | 43,8 | 47,9 | 60,8 | 72,9 | 73,0 | 78,3 | 75,2 | 79,5 | 86,6 | 86,5 | 81,3 | 87,1 | 87,2 | 85,5 |
| Затраты нефтяного кокса | | | | | | | | | | | | | | |
| 40,1 | 48,1 | 52,7 | 66,9 | 85,9 | 80,5 | 88,4 | 83,7 | 88,3 | 97,4 | 98,4 | 104,2 | 102,8 | 99,2 | 98,1 |
| Затраты антрацита | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4,68 | 4,01 |

Выбросы CO₂ и CH₄ рассчитывались по методике Уровня 2 (IPCC, 2006) на основе данных об объемах затрат нефтяного кокса при производстве карбида кремния. Для расчета выбросов CH₄ использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 10,2 кг CH₄/тонну использованного нефтяного кокса. Для расчета выбросов CO₂ коэффициент выбросов рассчитывался по формуле (IPCC, 2006):

$$EF = 0,65 \cdot CCF \cdot COF \cdot 44/12,$$

где: CCF – коэффициент углеродного содержания нефтяного кокса, равный 0,877 т С/т нефтяного кокса, COF – коэффициент окисления углерода, равный 1,0 (IPCC, 2006).

Карбид кальция производится путем прокаливания известняка (производства извести) и последующего восстановления извести углеродом, например, углеродом нефтяного кокса. Оба процесса приводят к выбросам CO₂. Использование карбида кальция также сопровождается эмиссией CO₂.

Оценка выбросов CO₂ при производстве и потреблении карбида кальция проводилась по методике Уровня 1 (IPCC, 2006). Выбросы CO₂ от производства карбида кальция рассчитывались по данным Росстата об объемах производства карбида кальция. С 2017 г. этот показатель Росстатом не разрабатывается. По данным маркетингового исследования, выполненного компанией Бизнесстат (Бизнесстат, 2022) производство карбида кальция в стране в 2016 – 2021 гг. отсутствовало. В связи с этим, в настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов CO₂ от производства и потребления карбида кальция.

Потребление карбида кальция принималось равным производству минус экспорт плюс импорт в текущем году. Получены данные ФТС России об объемах экспорта и импорта карбида кальция в 1996-2023 гг. Данные за 1990-1995 гг. отсутствуют, и объем потребления карбида кальция за эти годы оценивался в предположении, что соотношение между его потреблением и производством в 1990-1995 гг. было таким же как и в 1996г. Объемы взаимной торговли с Республикой Казахстан во второй половине 2010г. оценивались по данным Комитета таможенного контроля Министерства финансов Республики Казахстан и Росстата. Объемы взаимной торговли с Республикой Беларусь в 2011-2023 гг. учитываются по данным ФТС России.

Для расчета выбросов использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), они приводятся в таблице 4.23.

Данные о производстве, экспорте, импорте и потреблении в стране представлены в таблице 4.24.

Таблица 4.23

*Коэффициенты выбросов CO₂ от производства и потребления карбида кальция,
т CO₂/т карбида кальция*

| | Коэффициент эмиссии |
|------------------------------|---------------------|
| Производство карбида кальция | 1,09 |
| Потребление карбида кальция | 1,10 |

Таблица 4.24

Производство, экспорт, импорт и потребление карбида кальция в России, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Производство | | | | | | | | | | | | | | |
| 289,7 | 152,8 | 192,2 | 137,2 | 68,0 | 47,3 | 0,6 | 0,6 | 0 ²⁾ | 0 ²⁾ | 0 ²⁾ | 0 ²⁾ | 0 ²⁾ | 0 ²⁾ | 0 ²⁾ |
| Экспорт ¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2,2 | 4,2 | 4,3 | 3,9 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | C ³⁾ | C ³⁾ |
| Импорт ¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,0 | 18,2 | 5,7 | 12,6 | 18,0 | 17,2 | 20,5 | 19,5 | 23,7 | 23,1 | 25,1 | C ³⁾ | C ³⁾ |
| Потребление | | | | | | | | | | | | | | |
| 289,7 | 152,8 | 190,0 | 151,2 | 77,3 | 56,0 | 18,5 | 17,7 | 20,4 | 19,4 | 23,6 | 22,9 | 24,8 | 17,9 | 0,4 |

¹⁾ По данным ФТС России с учетом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС. Данные приведены без учета взаимной торговли с Республикой Казахстан за июль – декабрь 2010 г. в связи с отменой таможенного оформления товаров на российско-казахстанской границе с 1 июля 2010 г.

²⁾ С 2017 г. информация о производстве карбида кальция Росстатом не разрабатывается

³⁾ Информация является конфиденциальной

Выбросы CO₂ от производства диоксида титана (2.В.6)

Производство диоксида титана по хлоридному способу сопровождается выбросами CO₂ в результате окисления углерода восстановителя в процессе получения титанового шлака из ильменитового концентрата. До 2009 диоксид титана производился хлоридным методом на ОАО «Соликамский магниевый завод». Данные о производстве диоксида титана представлены в таблице 4.25. С 2014 г. на территории РФ диоксид титана производится только в ЗАО «Крымский Титан» по сульфатной технологии, не приводящей к выбросам CO₂ (Адамова, 2016). Оценка выбросов CO₂ от производства диоксида титана проводилась с использованием методики Уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006).

Оценка выбросов CO₂ от производства диоксида титана выполнялась по формуле 3.12 (IPCC, 2006).

Для оценки выбросов CO₂ от производства диоксида титана использовался коэффициент выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), равный 1,34 т CO₂ /т произведенного диоксида титана.

Таблица 4.25

Производство диоксида титана хлоридным методом в России, тыс. т

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Производство диоксида титана, тыс. т | 5,0 | 4,0 | 3,8 | 2,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Выбросы CO₂ и CH₄ от нефтехимического производства и производства сажи (2.В.8)

В настоящем кадастре оценка выбросов CO₂ от наиболее значительных источников в этой категории (производство метанола, этилена и технического углерода) выполнялась с использованием разработанных национальных коэффициентов выбросов. Национальные коэффициенты выбросов были разработаны в 2023 г. в рамках проекта «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИП-ГЗ) с целью совершенствования оценок выбросов CO₂ от нефтехимической промышленности в национальном кадастре (ООО «ВНИИОС-наука», 2023; ООО «Проект Е4», 2023; ФГБУ «ИГКЭ», 2023; Михийлов и др., 2024; Аникушин и др., 2024). Для разработки национальных коэффициентов использовались данные предприятий о потреблении сырья и топлива, о выработке конечной продукции. Для отдельных предприятий коэффициенты выбросов рассчитывались по методике баланса углерода МГЭИК (IPCC, 2006). Национальные коэффициенты выбросов рассчитывались как средневзвешенные по производству конечной продукции значения коэффициентов выбросов отдельных предприятий. Полученные значения национальных коэффициентов выбросов, которые использовались при подготовке национального кадастра выбросов представлены в таблице 4.26.

Таблица 4.26

Коэффициенты выбросов CO₂ от производства метанола, этилена и технического углерода, т CO₂/т

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Производство метанола | 0,801 | 0,801 | 0,731 | 0,745 | 0,722 | 0,722 | 0,656 | 0,675 | 0,641 | 0,637 | 0,615 | 0,585 | 0,586 | 0,598 | 0,598 |
| Производство этилена | 1,48 | 1,58 | 1,48 | 1,61 | 1,41 | 1,47 | 1,43 | 1,39 | 1,29 | 1,32 | 1,23 | 1,33 | 1,46 | 1,36 | 1,36 |
| Производство техн.углерода | 3,178 | | | | | | | | | | | | | | |

Оценка выбросов CO₂ от производства винилхлорида (этилендихлорида / хлористого винила), окиси этилена и акрилонитрила, а также оценка выбросов CH₄ от всех источников проводилась по методике Уровня 1 (IPCC, 2006). Расчет проводился на основе данных об объемах производства каждого из видов продукции. При оценке выбросов CO₂ и CH₄ использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), приведенные в таблице 4.27.

Таблица 4.27

Коэффициенты выбросов CO₂ (т /т. продукции) и CH₄ (кг /т. продукции)

| Наименование продукции | Коэффициент выбросов CO ₂ , т /т. продукции | Коэффициент выбросов CH ₄ , кг/т. продукции |
|----------------------------|--|--|
| Метанол | Использовался национальный коэффициент выбросов | 2,3 |
| Этилен | Использовался национальный коэффициент выбросов | 3 |
| Винилхлорид | 0,294 | 0,0226 |
| Окись этилена | 0,863 | 1,79 |
| Акрилонитрил | 1 | 0,18 |
| Сажа (технический углерод) | Использовался национальный коэффициент выбросов | 0,06 |

Данные о производстве метанола, этилена, окиси этилена, акрилонитрила и сажи (технического углерода) предоставлены Росстатом (таблица 4.28). Данные Росстата о производстве окиси этилена использованы с поправкой на возможный недоучет объемов производства на одном из заводов. С 2008 г. в расчетах выбросов от производства окиси этилена используются данные предприятий-производителей. Акрилонитрил производится в РФ на одном предприя-

тии и с 2015 г. в расчетах используются данные компании Лукойл об объемах его производства. С 2017 года данные о производстве винилхлорида Росстатом не разрабатываются, В настоящем кадастре выполнен расчет объемов производства винилхлорида, основанный на данных об использовании винилхлорида в качестве сырья для производства полимеров винилхлорида. Согласно (IARC, 2008) и (S&P Global, 2021), основным направлением использования хлористого винила является производство ПВХ – по разным оценкам от 95% до 99% произведенного винилхлорида направляется на производство ПВХ.

Таблица 4.28

Производство метанола, этилена, винилхлорида, окиси этилена, акрилонитрила, сажи (технического углерода), тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Метанол ²⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 2508,0 | 1522,9 | 1914,1 | 2943,1 | 2941,9 | 3571,9 | 3598,3 | 3658,8 | 4081 | 4388 | 4529 | 4421 | 4507 | 4512 | 3893 |
| Этилен | | | | | | | | | | | | | | |
| 2318,5 | 1596,3 | 1889,2 | 2101,4 | 2381,0 | 2395,4 | 2668,5 | 2791,0 | 2859 | 2990 | 3117 | 4206 | 4439 | 4382 | 4409 |
| Винилхлорид | | | | | | | | | | | | | | |
| 445,7 | 271,0 | 501,6 | 598,1 | 553,9 | 620,2 | 762,8 ⁴⁾ | 741,4 ⁴⁾ | 866,6 ⁴⁾ | 918,1 ⁴⁾ | 949,0 ⁴⁾ | 959,3 ⁴⁾ | 990,7 ⁴⁾ | 862,8 ⁴⁾ | 874,2 ⁴⁾ |
| Окись этилена ³⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 474,4 | 271,0 | 307,2 | 391,5 | 479,3 | 393,6 | 267,8 | 259,1 | 282,5 | 295,4 | 542,8 | 558,5 | 533,4 | 480,6 | 390,8 |
| Акрилонитрил | | | | | | | | | | | | | | |
| 121,0 | 92,0 | 82,8 | 152,0 | 140,3 ⁵⁾ | 147,3 ⁵⁾ | 149,0 ⁶⁾ | 158,1 ⁶⁾ | 157,4 ⁶⁾ | 155,9 ⁶⁾ | 169,6 ⁶⁾ | 151,4 ⁶⁾ | 151,4 ⁶⁾ | 151,4 ⁶⁾ | 151,4 ⁶⁾ |
| Технический углерод ¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 968,4 | 311,4 | 426,0 | 681,6 | 667,7 | 784,1 | 825,1 | 885,1 | 959,6 | 1028,7 | 957,5 | 919,7 | 1089,6 | 916,6 | 916,3 |

¹⁾ С 2010г. углерод технический (сажи и прочие формы дисперсного углерода, не включенные в другие группировки)

²⁾ С 2010г. метанол-яд синтетический + метанол-ректификат технический лесохимический + метанол-сырец в пересчете на ректификат. С 2017г. Спирт метиловый (метанол)

³⁾ С 2008 г. по данным предприятий производителей

⁴⁾ С 2015 г. оценка ИГКЭ на основе данных Росстата о производстве полимеров винилхлорида и прочих галогенированных олефинов в первичных формах.

⁵⁾ Оценка ИГКЭ

⁶⁾ С 2015г. по данным предприятия-производителя.

Кроме того, в 2015 – 2016 наблюдается существенное несоответствие в данных Росстата об объемах производства винилхлорида и объемах производства полимеров винилхлорида и прочих галогенированных олефинов в первичных формах. Если в 2010 – 2013 гг. объем производства винилхлорида составлял от 90 до 96% от производства этих полимеров, то в 2015-2016 его доля снизилась до 60-65%. Вероятнее всего это снижение связано с недоучетом объемов производства винилхлорида в статистике.

В связи с этим в кадастре выбросов парниковых газов в 2023 г. была выполнена оценка объемов производства винилхлорида в 2015-2022 гг. на основе данных Росстата о производстве полимеров винилхлорида и прочих галогенированных олефинов в первичных формах. Предполагалось, что объем производства винилхлорида составляет 90% от объема производства полимеров винилхлорида и прочих галогенированных олефинов в первичных формах.

Кроме выбросов CO₂ и CH₄, для производства технического углерода оценивались выбросы НМЛОС, NO_x, CO и SO₂. Для этой оценки использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 1996), равные, соответственно, 40 кг НМЛОС, 0,4 кг NO_x, 10 кг CO и 3,1 кг SO₂ на тонну произведенного технического углерода. Также оценивались выбросы SO₂ от производства серной кислоты.

В соответствии с методикой, описанной в (IPCC, 1996), проводился расчет выбросов НМЛОС для ряда производств химической и нефтехимической промышленности: этилена, пропилена, стирола, полипропилена, полистирола, полиэтилена, поливинилхлорида, акрилонитрила и этилбензола, объемы производства, которых по данным Росстата приводятся в таблице 4.29.

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Таблица 4.29

Производство отдельных видов продукции химической и нефтехимической промышленности, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Пропилен/ с 2010г. Пропен (пропилен) | | | | | | | | | | | | | | |
| 990 | 681 | 856 | 1022 | 1230 | 1584 | 1810 | 1881 | 1996 | 1973 | 2163 | 2462 | 2676 | 2465 | 2602 |
| Полипропилен/ с 2010г. полипропилен в первичных формах/с 2017г. полимеры пропилена в первичных формах | | | | | | | | | | | | | | |
| 97,1 | 62,2 | 233 | 349 | 628 | 1052 | 1296 | 1410 | 1418 | 1409 | 1659 | 1958 | 2159 | 2002 | 2186 |
| Полистирол и сополимеры стирола / с 2010г. полимеры стирола в первичных формах | | | | | | | | | | | | | | |
| 202 | 98,6 | 92,2 | 228 | 309 | 540 | 536 | 536 | 537 | 552 | 558 | 586 | 590 | 581 | 571 |
| Поливинилхлоридная смола и сополимеры винилхлорида / с 2010г. полимеры винилхлорида или прочих галогенированных олефинов в первичных формах | | | | | | | | | | | | | | |
| 490 | 283 | 480 | 580 | 599 | 722 | 848 | 824 | 963 | 1020 | 1054 | 1066 | 1101 | 959 | 971 |
| Полиэтилен / с 2010г. полимеры этилена в первичных формах | | | | | | | | | | | | | | |
| 767 | 685 | 923 | 1049 | 1531 | 1601 | 1793 | 1947 | 2046 | 2196 | 2284 | 3200 | 3500 | 3493 | 3540 |
| в том числе: низкой плотности/ с 2010г. полиэтилен плотностью менее 0,94 в первичных формах/с 2017г. полиэтилен низкого давления | | | | | | | | | | | | | | |
| 372 | 342 | 321 | 328 | 648 | 629 | 691 | 718 | 568 | 552 | 501 | 479 | 386 | 439 | 421 |
| в том числе полиэтилен низкой плотности линейный/ с 2010г. полиэтилен линейный плотностью менее 0,94 в первичных формах/с 2017г. полиэтилен линейный низкой плотности | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 297 | 390 | 446 | 457 | 0,77 | 9,17 | 31,09 | 256 | 286 | 255 | 260 |
| Полиэтилен высокой плотности/ с 2010г. полиэтилен плотностью не менее 0,94 в первичных формах/ с 2017г. полиэтилен высокого давления | | | | | | | | | | | | | | |
| 391 | 340 | 434 | 475 | 794 | 888 | 1017 | 1154 | 823 | 844 | 898 | 671 | 429 | 464 | 704 |
| Стирол | | | | | | | | | | | | | | |
| 446 | 241 | 328 | 583 | 476 | 647 | 675 | 683 | 690 | 737 | 727 | 754 | 719 | 715 | 688 |
| Этилбензол/ с 2017 г. Этилбензолы | | | | | | | | | | | | | | |
| | 38,1 | 343 | 428 | 539 | 717 | 753 | 760 | 765 | 813 | 806 | 829 | 804 | 794 | 797 |

Использованные в расчетах коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 1996) представлены в таблице 4.30.

Таблица 4.30

Коэффициенты выбросов НМЛОС в химической промышленности, кг НМЛОС/тонну продукции

| Наименование продукции | Коэффициент выбросов |
|--------------------------------------|----------------------|
| Аммиак | 4,7 |
| Этилен | 1,4 |
| Пропилен | 1,4 |
| Полипропилен | 12,0 |
| Полистирол | 5,4 |
| Поливинилхлорид | 8,5 |
| Полиэтилен высокой плотности | 6,4 |
| Полиэтилен низкой плотности | 3,0 |
| Линейный полиэтилен низкой плотности | 2,0 |
| Стирол | 18,0 |
| Этилбензол | 2,0 |
| Акрилонитрил | 1,0 |

Оценка выбросов SO₂ от производства серной кислоты выполнялась на основе данных Росстата об объемах производства серной кислоты по методике МГЭИК (IPCC, 1996). Коэффициент выбросов SO₂ принимался равным 17,5 кг SO₂ на тонну произведенной серной кислоты. Данные о производстве серной кислоты представлены в таблице 4.31.

Оценка выбросов CO, SO₂, NO_x приводится в таблице 4.32. Оценка выбросов НМЛОС в химической промышленности – в таблице 4.33.

Таблица 4.31

Производство серной кислоты в моногидрате в России, млн. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 ¹⁾ | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 ²⁾ | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| 12,8 | 6,9 | 8,3 | 9,5 | 8,5 | 9,5 | 9,7 | 11,0 | 11,8 | 12,3 | 12,7 | 12,7 | 13,9 | 14,5 | 14,9 |

¹⁾ с 2010г. – кислота серная в моногидрате контактная

²⁾ с 2017 г. – кислота серная

Таблица 4.32

Выбросы косвенных парниковых газов (кроме НМЛОС) в химической промышленности, Гг

| | Газ | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Производство аммиака | CO | 99,5 | 76,3 | 84,1 | 98,5 | 105,0 | 115,3 | 119,7 | 127,8 | 135,1 | 142,8 | 151,9 | 155,0 | 156,9 | 134 | 137 |
| | SO ₂ | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 |
| Производство азотной кислоты | NO _x | 3,3 | 2,1 | 2,4 | 3,2 | 4,0 | 4,2 | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 5,0 | 5,3 | 5,7 | 5,7 | 6,0 | 6,1 |
| Производство технического углерода | CO | 9,7 | 3,1 | 4,3 | 6,8 | 6,7 | 7,8 | 8,3 | 8,9 | 9,6 | 10,3 | 9,6 | 9,2 | 10,9 | 9,2 | 9,2 |
| | NO _x | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| | SO ₂ | 3,0 | 1,0 | 1,3 | 2,1 | 2,1 | 2,4 | 2,6 | 2,7 | 3,0 | 3,2 | 3,0 | 2,9 | 3,4 | 2,8 | 2,8 |
| Производство серной кислоты | SO ₂ | 224,0 | 120,8 | 145,3 | 166,3 | 148,8 | 166,8 | 170,4 | 192,8 | 206,5 | 215,9 | 221,9 | 221,9 | 243,0 | 253,9 | 260,8 |

Таблица 4.33

Выбросы НМЛОС от производства химической продукции, Гг

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Аммиак | 59,2 | 45,4 | 50,0 | 58,6 | 62,5 | 68,6 | 71,2 | 76,1 | 80,4 | 85,0 | 90,4 | 92,2 | 93,3 | 80,0 | 81,2 |
| Технический углерод | 38,7 | 12,5 | 17,0 | 27,3 | 26,7 | 31,4 | 33,0 | 35,4 | 38,4 | 41,1 | 38,3 | 36,8 | 43,6 | 36,7 | 36,7 |
| Этилен | 3,2 | 2,2 | 2,6 | 2,9 | 3,3 | 3,4 | 3,7 | 3,9 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 5,9 | 6,2 | 6,1 | 6,2 |
| Пропилен | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,7 | 2,2 | 2,5 | 2,6 | 2,8 | 2,8 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 3,5 | 3,6 |
| Полипропилен | 1,2 | 0,8 | 2,8 | 4,2 | 7,5 | 12,6 | 15,6 | 16,9 | 17,0 | 16,9 | 19,9 | 23,5 | 25,9 | 24,0 | 26,2 |
| Полистирол | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 1,7 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,0 | 3,2 | 3,2 | 3,1 | 3,1 |
| Поливинилхлорид | 4,2 | 2,4 | 4,1 | 4,9 | 5,1 | 6,1 | 7,2 | 7,0 | 8,2 | 8,7 | 9,0 | 9,1 | 9,4 | 8,2 | 8,3 |
| Полиэтилен | 3,6 | 3,2 | 4,1 | 4,5 | 6,9 | 7,3 | 8,3 | 9,2 | 7,0 | 7,1 | 7,3 | 6,2 | 4,5 | 4,8 | 6,3 |

Продолжение таблицы 4.33

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Стирол | 8,0 | 4,3 | 5,9 | 10,5 | 8,6 | 11,6 | 12,1 | 12,3 | 12,4 | 13,3 | 13,1 | 13,6 | 12,9 | 12,9 | 12,4 |
| Этилбензол | – | 0,1 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| Акрилонитрил | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Всего | 120,7 | 72,5 | 89,0 | 116,6 | 125,2 | 147,8 | 158,2 | 168,0 | 174,7 | 183,8 | 190,1 | 195,7 | 204,5 | 181,0 | 185,7 |

Производство фторсодержащих соединений (2.В.9)Выбросы ГФУ-23 как побочного продукта при производстве ГХФУ-22 (2.В.9.а)

В настоящем кадастре оценка выбросов ГФУ-23 при производстве ГХФУ-22 проводилась по методике уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006) для всего временного ряда с учетом детальных данных об объемах производства, сбора и улавливания попутного ГФУ-23, а также данных о выходе ГХФУ-22 по углероду и фтору, собранных Минпромторгом России на заводах-производителях.

В Российской Федерации ГХФУ-22 производится на трех химических комбинатах: ОАО «Галополимер Пермь», ООО «Галополимер Кирово-Чепецк», ВОАО «Химпром». В 2015 г. производство ГХФУ-22 на ВОАО «Химпром» было остановлено. В период с 1 января 2008 года и 1 апреля 2008 года по 31 декабря 2010 года, на предприятиях ОАО «Галополимер Пермь» и ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» соответственно, реализованы проекты совместного осуществления по сокращению выбросов гексафторида серы и ГФУ-23 в атмосферу.

Расчет коэффициентов выбросов для каждого предприятия проводился с учетом выхода ГХФУ-22 по углероду и фтору. При расчетах выбросов ГФУ-23 коэффициент выбросов принимался равным среднему арифметическому значений коэффициентов выбросов, рассчитанных по углероду и по фтору. Коэффициент, относящий потерю выхода основного продукта к количеству ГФУ-23, принимался равным 1 (по умолчанию). Выход ГХФУ-22 по углероду и фтору, а также рассчитанные по этим данным коэффициенты выбросов ГФУ-23 приводятся в таблице 4.34.

Таблица 4.34

Коэффициенты попутных выбросов ГФУ-23 при производстве ГХФУ-22

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ОАО «Галополимер Пермь» | | | | | | | | | | | | | | | |
| Выход ГХФУ-22 по углероду, % | 91,9 | 94,4 | 95,7 | 95,1 | 94,7 | 91,3 | 91,0 | 91,2 | 88,9 | 89,3 | 92,0 | 91,5 | 90,5 | 92,2 | 92,2 |
| Выход ГХФУ-22 по фтору, % | 86,7 | 88,1 | 90,2 | 89,8 | 88,8 | 86,5 | 86,4 | 86,7 | 85,6 | 86,8 | 87,3 | 85,2 | 85,4 | 87,2 | 87,2 |
| Коэффициент выбросов ГФУ-23 | 0,069 | 0,055 | 0,044 | 0,047 | 0,054 | 0,072 | 0,073 | 0,072 | 0,084 | 0,079 | 0,066 | 0,074 | 0,078 | 0,066 | 0,066 |
| ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» | | | | | | | | | | | | | | | |
| Выход ГХФУ-22 по углероду, % | | | | 97,1 | 97,0 | 95,4 | 96,1 | 93,6 | 94,8 | 92,4 | 95,8 | 97,1 | 99,7 | 96,8 | 97,8 |
| Выход ГХФУ-22 по фтору, % | | | | 88,8 | 91,0 | 89,0 | 90,3 | 90,1 | 88,3 | 84,5 | 89,2 | 88,3 | 90,1 | 89,2 | 89,8 |
| Коэффициент выбросов ГФУ-23 | 0,073 | 0,073 | 0,073 | 0,042 | 0,036 | 0,048 | 0,042 | 0,053 | 0,053 | 0,073 | 0,046 | 0,043 | 0,028 | 0,042 | 0,036 |

Продолжение таблицы 4.34

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ВОО «Химпром» | | | | | | | | | | | | | | | |
| Выход ГХФУ-22 по углероду, % | | | | 84,7 | 77,5 | 84,0 | 84,0 | | | | | | | | |
| Выход ГХФУ-22 по фтору, % | | | | 78,9 | 68,8 | 77,0 | 77,0 | | | | | | | | |
| Коэффициент выбросов ГФУ-23 | | | | 0,119 | 0,175 | 0,127 | 0,127 | | | | | | | | |

Данные об объемах производства ГХФУ-22, сбора и улавливания ГФУ-23 на ОАО «Галополимер Пермь» в 2023 году приняты по данным 2022 года в связи с отсутствием информации о фактических объемах производства. Данные об объемах производства ГХФУ-22, сбора и улавливания ГФУ-23 в РФ приводятся в таблице 4.35.

Таблица 4.35

Производство ГХФУ-22, сбор и улавливание попутного ГФУ-23, т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Производство ГХФУ-22 ¹⁾²⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 37054 | 16591 | 29888 | 30203 | 28382 | 20776 | 20911 | 17460 | 23524 | 26946 | 21543 | 24045 | 25209 | 25760 | 25711 |
| Сбор и улавливание ГФУ-23 | | | | | | | | | | | | | | |
| 217 | 72 | 127 | 190 | 753 | 535 | 575 | 508 | 788 | 811 | 506 | 584 | 468 | 527 | 430 |

¹⁾ Данные Минпромторга России, в 2007-2016 гг. – данные Росстата.

²⁾ С 2010г. дифторхлорметан (хладон-22); с 2017 г. информация Росстатом не разрабатывается.

Фугитивные выбросы при производстве галоидоуглеводородов и гексафторида серы (2.В.9.б)

В период 1990-2023 гг. на предприятиях России производились следующие фторированные соединения:

- ГФУ: трифторметан (ГФУ-23), пентафторэтан (ГФУ-125), дифторэтан (ГФУ-152а), гептафторпропан (ГФУ-227еа);
- ПФУ: тетрафторметан (CF₄), октафторпропан (C₃F₈), октафторциклобутан (с-С₄F₈).

Производился также гексафторид серы (SF₆).

Данные по объемам производства ГФУ, ПФУ и гексафторида серы в 1990-2023 гг. собраны на предприятиях-производителях Минпромторгом России и представлены в таблице 4.36.

Таблица 4.36

Производство галоидоуглеводородов и гексафторида серы в России, т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------|-------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ГФУ-23 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,04 | 0 | 28,61 | 4,89 | 1,88 | 0 | 0 | 10,18 | 9,73 | 3,28 | 23,21 | 25,32 | 14,00 | 16,33 |
| ГФУ-125 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 189,00 | 1222,70 | 234,82 | 8,67 | 0 | 0 | 100,40 | 407,77 | 10,50 | 0 | 0,19 | 0 | 0 |
| ГФУ-227еа | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 15,40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CF ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| 31,56 | 72,24 | 372,87 | 246,60 | 65,05 | 22,52 | 13,04 | 14,20 | 19,79 | 25,75 | 18,48 | 9,76 | 19,80 | 0 | 0 |

Продолжение таблицы 4.36

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|
| C ₃ F ₈ | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,75 | 0,51 | 17,00 | 16,20 | 87,80 | 40,89 | 33,76 | 18,69 | 10,10 | 1,50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| с-C ₄ F ₈ | | | | | | | | | | | | | | |
| 46,92 | 1,70 | 62,20 | 114,96 | 17,10 | 49,41 | 70,80 | 127,0 | 91,19 | 82,09 | 238,85 | 305,50 | 377,22 | 154,07 | 37,71 |
| SF ₆ | | | | | | | | | | | | | | |
| 244,71 | 90,26 | 162,76 | 849,58 | 933,46 | 1319,23 | 1189,46 | 1166,55 | 1304,73 | 912,37 | 1110,18 | 1256,38 | 1267,42 | 494,06 | 593,13 |

Оценка выбросов проводилась по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Для расчета выбросов ГФУ и ПФУ использовался коэффициент выбросов по умолчанию МГЭИК, равный 0,5% от объема производства соответствующего хладагента.

Гексафторид серы (SF₆) повышенной чистоты в России производится на двух предприятиях: ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» и ОАО «Галополимер Пермь». В настоящем кадастре выбросов ПГ расчет фугитивных выбросов SF₆ проводился с использованием данных предприятий-производителей об объемах производства гексафторида серы и удельных выбросах гексафторида серы в атмосферу. Для расчета выбросов от производства гексафторида серы на ОАО «Галополимер Пермь» за 2023 год использовалась информация об объемах производства за 2022 год в связи с отсутствием актуальных данных. Данные об удельных выбросах при производстве гексафторида серы приводятся в таблице 4.37.

Таблица 4.37

Удельные выбросы при производстве гексафторида серы по данным предприятий-производителей, %

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ОАО «Галополимер Пермь» | | | | | | | | | | | | | | |
| 20,4 | 18,4 | 22,1 | 4,9 | 2,9 | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 1,7 | 1,5 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 0,9 | 0,9 |
| ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» | | | | | | | | | | | | | | |
| – | – | 0,9 | 7,6 | 1,2 | 0,9 | 1,4 | 1,5 | 2,0 | 3,3 | 2,7 | 1,4 | 1,7 | 2,6 | 2,6 |

Производство прочих соединений (2.В.10)

Выбросы CO₂ при производстве водорода (2.В.10)

Водород широко используется в промышленности, его производство во многих случаях сопровождается значительными выбросами диоксида углерода. Значительная часть этих выбросов учтена в национальном кадастре в таких категориях источников, как 2.В.1 производство аммиака, 2.В.8а производство метанола, 2.В.8b производство этилена, 2.С.1с производство железа прямого восстановления.

Водород получают с использованием различных технологий, которые можно сгруппировать следующим образом (Инфомайн, 2021):

- физические
- электрохимические
- химические
- термохимические или биохимические.

К *физическим методам* относятся те производства, в которых исходное сырье уже содержит свободный водород и требуется только освободить его от остальных компонентов смеси. Таким образом водород может извлекаться из выбросных или продувочных газов ряда отраслей промышленности: производства ацетилен, аммиака, метанола, процессов риформинга и

крекинга и др. В промышленности широко распространены следующие технологии: технология криогенного разделения, технология короткоцикловой адсорбции и мембранные технологии. Все эти технологии производства водорода не сопровождаются выбросами CO_2 .

В *электрохимических методах* выделение H_2 из его химических соединений осуществляется с помощью электрического тока. В промышленности широко используется технология производства водорода методом электролиза воды. Однако производительность установок в настоящее время невелика и производство с использованием этой технологии является энергоемким. Значительные количества водорода образуются в качестве побочного продукта при получении хлора и каустической соды электролизом раствора хлористого натрия. Электрохимические методы получения водорода не сопровождаются выбросами диоксида углерода.

Химические методы в настоящее время являются наиболее распространенными способами получения водорода. В процессах газификации и конверсии используют газообразные и жидкие углеводороды и твердые горючие ископаемые. Этот метод получения водорода сопровождается значительными выбросами диоксида углерода.

Водород из биомассы получают *термохимическим или биохимическим способом*. Получение водорода этим способом сопровождается крайне незначительными выбросами диоксида углерода (ИРСС, 2019), которые не требуется учитывать в национальном кадастре.

Таким образом, для оценки выбросов CO_2 от производства водорода необходимо выполнить оценку объемов производства водорода с помощью технологий конверсии и газификации ископаемого топлива.

В настоящее время в России водород практически не является товарным продуктом: чаще всего он вырабатывается и используется на одном и том же предприятии. Доля основного способа получения водорода в стране – паровой или парокислородной конверсии природного газа на крупнотоннажных установках – составляет 85% от всего объема производства водорода. Электролиз воды используют в основном при небольших потребностях в водороде. На его долю приходится около 8% суммарного объема производства. Методами короткоцикловой адсорбции, криогенного разделения и с использованием мембранных технологий получают 7% водорода.

Ниже перечислены отрасли промышленности, в которых производится и используется водород, за исключением тех отраслей, для которых выбросы CO_2 , связанные с производством водорода, уже учтены в национальном кадастре.

В *химической промышленности* для крупнотоннажного производства используется метод паровой конверсии природного газа, который сопровождается значительными выбросами CO_2 . Выбросы CO_2 , связанные с получением водорода для производства аммиака и метанола уже учтены в национальном кадастре выбросов ПГ. Другие сегменты химической промышленности используют не более 2-3% от общего потребления водорода в химической промышленности:

- Водород используется для производства бутиловых спиртов и 2-этилгексанола на 4 предприятиях: ООО «Газпромнефтехим-Салават», АО «Сибур-химпром», АО «Ангарская НХК», АО «Невинномысский Азот». Общее потребление водорода в 2014 – 2020 гг. составляло 35-20 тыс. тонн по оценкам компании Инфолайн.
- Водород используется также в процессе производства капролактама на трех предприятиях: ПАО «Куйбышевазот», КАО «Азот», ПАО «Щекиноазот». Для производства капролактама по оценке компании Инфолайн в России ежегодно требуется 30-35 тыс. тонн водорода.
- Потребность в водороде других производств в химической промышленности (производство анилина, терефталевой кислоты и др.) как правило небольшая и удовлетворяется за счет собственного производства водорода методом электролиза воды.

Нефтеперерабатывающая промышленность является крупным производителем и потребителем водорода. При этом темпы роста потребления водорода на российских нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) очень высокие. При неглубокой переработке нефти производство водорода в процессе каталитического риформинга бензина существенно превышает его потребление. В процессе глубокой переработки нефти водород применяют в гидрогенизационных процессах и потребность в нем существенно возрастает. В этом случае для производства водорода требуются дополнительные установки. До 2000 г. необходимости в дополнительных

установках не было. В настоящее время дополнительные установки работают на 14 НПЗ. Эти дополнительные установки используют технологию конверсии углеводородов. В отчете компании «Инфомайн» (Инфомайн, 2021) выполнена приблизительная оценка объемов производства водорода на НПЗ.

В металлургической промышленности водород используется в процессах прямого восстановления вольфрама и молибдена из окислов (используется электролизный водород), а также в технологических процессах производства холоднокатаного проката в качестве защитного газа и для термообработки труб. На большинстве предприятий водород получают методом электролиза воды. Единственным исключением является Новолипецкий металлургический комбинат (ПАО НЛМК), на котором с 2004 г. действует установка по производству водорода методом паровой конверсии природного газа. Объем производства и потребления водорода ПАО НЛМК оценивается в отчете компании «Инфомайн» (Инфомайн, 2021) на основе данных о производстве на предприятии холоднокатаного проката.

В электроэнергетике, электронной и электротехнической промышленности, в производстве термически полированного и кварцевого стекла, атомной и пищевой промышленности потребности в водороде небольшие. Поэтому используется водород, произведенный по технологии электролиза воды.

В национальном кадастре, представленном в 2023 г., по рекомендации Группы экспертов по рассмотрению национальных кадастров РКИК ООН была впервые выполнена оценка выбросов CO_2 от производства водорода в этих отраслях промышленности. Для этой оценки использовались данные, представленные в отчете компании Инфомайн (www.infomine.ru) «Обзор рынка водорода («серого», «голубого», «зеленого») и оборудования для его производства в России и мире», изданном в 2021 г. Оценка выполнялась по методике 1a уровня МГЭИК (IPCC, 2019) с использованием параметров расчета по умолчанию МГЭИК (удельное потребление ископаемого топлива, равное 175 ГДж/тонну произведенного водорода, содержания углерода в ископаемом топливе, равное 0,0183 тонн С/ГДж). Результаты оценки выбросов показали, что категория 2.B.10 Производство водорода является ключевой в национальном кадастре выбросов парниковых газов и, следовательно, требует более точной методики оценки выбросов. Основным источником выбросов в этой категории является производство водорода на нефтеперерабатывающих предприятиях, с ним связано 93,8% выбросов CO_2 от этой категории.

В 2024 г. с целью совершенствования и уточнения оценки выбросов CO_2 от производства водорода на НПЗ в рамках проекта «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИП-ГЗ) совместно с ООО «ЦМНТ» было проведено исследование с целью разработки национальных коэффициентов образования диоксида углерода на дополнительных установках получения водорода на нефтеперерабатывающих предприятиях. Кроме того, в процессе этого исследования была выполнена более точная оценка объемов производства водорода на НПЗ в 2000 – 2023 гг (Центр мониторинга, 2024).

Сырьем для производства водорода на НПЗ служит природный газ, а также его смеси с сухими газами, фракциями жирных газов или бензиновыми фракциями.

В процессе исследования были проанализированы фактические материальные балансы всех дополнительных установок по производству водорода на НПЗ за период 2021 -2023 гг. С использованием усредненных составов различных видов сырьевых и продуктовых потоков разработаны пересчетные коэффициенты в диоксид углерода. На основании этих данных по методике баланса углерода для каждого предприятия были рассчитаны сырьевые коэффициенты выбросов диоксида углерода от использования углеводородного сырья для производства водорода. Для каждого года был рассчитан национальный средневзвешенный сырьевой коэффициент по всем заводам в совокупности. Его значения в 2000 – 2023 гг. представлены в таблице 4.38.

Сведения о количестве и типе используемого топлива получены от 6 НПЗ. На основании этих данных были рассчитаны топливные коэффициенты выбросов CO_2 , которые в этой категории источников должны учитываться в секторе «Промышленные процессы и использование продуктов». Значение национального топливного коэффициента рассчитывалось как средневзвешенное значение по 6 заводам, для которых имеются данные о потреблении топлива, за 2021 – 2023 гг. Оно составило 4,08 т CO_2 /тонну произведенного водорода.

За исключением дополнительных установок, водород на НПЗ может образовываться только на установках каталитического риформинга. В общем случае потребляют водород следующие установки: гидроочистка дизельного топлива (ГО ДТ), гидроочистка керосина, гидроочистка бензина, гидроочистка вакуумного газойля (ГО ВГ), изомеризация, гидрокрекинг, гидропроцессы при производстве масел. На основании данных о мощностях процессов заводов в 2021 – 2023 гг., опубликованных в статистических справочниках ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, были рассчитаны водородные балансы предприятий. Разработана методология распространения производства/потребления водорода вторичными процессами на весь временной ряд с 2000 по 2020 гг. Эти данные, а также информация о вводе в эксплуатацию дополнительных установок по производству водорода на НПЗ были использованы для оценки объемов производства водорода на дополнительных установках всех нефтеперерабатывающих заводов (таблица 4.38).

Таблица 4.38

Национальные сырьевые коэффициенты выбросов диоксида углерода в 2000-2023 годах.

| Год | Производство H ₂ , тыс.т | Значение сырьевого коэффициента, т CO ₂ /т H ₂ |
|------|-------------------------------------|--|
| 2023 | 713,08 | 7,03 |
| 2022 | 687,99 | 6,78 |
| 2021 | 660,04 | 6,99 |
| 2020 | 625,49 | 6,99 |
| 2019 | 585,25 | 6,89 |
| 2018 | 561,96 | 6,87 |
| 2017 | 473,86 | 6,87 |
| 2016 | 349,12 | 6,75 |
| 2015 | 399,34 | 6,83 |
| 2014 | 347,64 | 6,92 |
| 2013 | 233,42 | 7,14 |
| 2012 | 221,86 | 7,22 |
| 2011 | 222,54 | 7,19 |
| 2010 | 241,59 | 7,23 |
| 2009 | 219,41 | 7,24 |
| 2008 | 206,00 | 7,13 |
| 2007 | 205,43 | 7,22 |
| 2006 | 179,86 | 7,24 |
| 2005 | 153,45 | 7,27 |
| 2004 | 109,38 | 7,38 |
| 2003 | 107,14 | 7,32 |
| 2002 | 83,31 | 7,22 |
| 2001 | 88,32 | 7,22 |
| 2000 | 80,40 | 7,22 |

Выбросы CO₂ от производства водорода на дополнительных установках нефтеперерабатывающих предприятий в настоящем национальном кадастре выбросов ПГ оценивались с использованием разработанных национальных коэффициентов выбросов и уточненных данных об объемах производства водорода в 2000 – 2023 гг.

Расчет выбросов выполнялся по формуле:

$$E_{CO_2} = (K_{\text{сырье}} + K_{\text{топливо}}) \cdot HP$$

где E_{CO_2} – выбросы CO₂ от производства водорода, тонны;

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

HP – объем производства водорода по технологии конверсии ископаемого топлива, тонны;

$K_{\text{сырье}}$ – разработанный национальный сырьевой коэффициент выбросов CO_2 ;

$K_{\text{топливо}}$ – разработанный национальный топливный коэффициент выбросов CO_2 .

Для остальных производств в этой категории источники выбросы CO_2 оценивались по методике уровня 1а МГЭИК (IPCC, 2019). Сырьем для производства водорода на предприятиях химической и металлургической промышленности является природный газ. В расчетах использовалось национальное значение содержания углерода в природном газе, равное 14,836 тонн С/ГДж и значение удельного потребления природного газа для производства водорода по умолчанию МГЭИК, равное 165 ГДж/тонну водорода.

Расчет выбросов выполнялся по формуле:

$$E_{\text{CO}_2} = HP \cdot FRF \cdot CCF \cdot \frac{44}{12}$$

где E_{CO_2} – выбросы CO_2 от производства водорода, тонны;

HP – объем производства водорода по технологии конверсии ископаемого топлива, тонны;

FRF – удельное потребление природного газа на производство водорода по умолчанию, ГДж/тонну произведенного водорода;

CCF – углеродное содержание ископаемого топлива по умолчанию, тонна С/ГДж

Оценки объемов производства водорода в стране по технологии конверсии природного газа, выбросы CO_2 от которых должны быть учтены в категории 2.В.10, представлены в таблице 4.39.

Таблица 4.39

Оценка объемов производства водорода по технологии конверсии природного газа, выбросы от которого должны учитываться в категории 2.В.10, тыс. тонн

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Производство водорода на предприятиях по производству капролактама</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 23,16 | 15,84 | 24,68 | 30,84 | 32,94 | 30,69 | 32,65 | 35,82 | 36,70 | 38,91 | 38,67 | 36,48 | 37,62 | 37,62 | 34,22 |
| <i>Производство водорода на предприятиях по производству бутиловых спиртов и 2-этилгексанола</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 33,39 | 23,10 | 25,95 | 31,23 | 32,13 | 26,00 | 26,00 | 26,00 | 26,00 | 17,00 | 17,00 | 15,00 | 13,87 | 16,92 | 14,73 |
| <i>Производство водорода на дополнительных установках по производству водорода на НПЗ</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | 80,40 | 153,45 | 241,59 | 347,64 | 399,34 | 349,12 | 473,86 | 561,96 | 585,25 | 625,49 | 660,04 | 687,99 | 713,08 |
| <i>Производство водорода на ПАО НЛМК</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 3,52 | 3,50 | 3,70 | 3,60 | 3,80 | 3,80 | 3,40 | 3,50 | 3,50 | 3,52 | 3,52 | 3,52 |
| Итого | | | | | | | | | | | | | | |
| 56,55 | 38,93 | 131,02 | 219,04 | 310,17 | 408,03 | 461,59 | 414,73 | 540,35 | 621,26 | 644,42 | 680,47 | 715,05 | 746,05 | 765,55 |

4.3.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2.В оценка неопределенностей выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2000, 2006) для следующих источников:

- производство аммиака;
- производство азотной кислоты;
- производство капролактама и глиоксала;
- производство карбида (производство карбида кремния и производство, и использование карбида кальция);
- производство диоксида титана;
- нефтехимическое производство и производство сажи (производство метанола, этилена, винилхлорида (этиленхлорида и хлористого винила), окиси этилена, акрилонитрила и сажи (технического углерода))

- производство фторсодержащих соединений
- производство водорода.

Использовались формулы расчета неопределенностей от суммы и произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; IPCC, 2006).

Производство аммиака. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ от производства аммиака равна 5%.

Неопределенность данных Росстата об объемах производства аммиака – 3%.

Неопределенность оценки выбросов двуокиси углерода при производстве аммиака не превышает 6%.

Производство азотной кислоты. Неопределенность коэффициентов выбросов N₂O для заводов использующих метод неселективного каталитического восстановления в процессе обработки остаточного газа составляет 10% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных Росстата о производстве азотной кислоты с учетом оценок количества азотной кислоты, использованной на азотных комбинатах для производства удобрений, также составляет 5%.

Таким образом, неопределенность оценки выбросов N₂O от производства азотной кислоты составляет около 11%.

Производство капролактама и глиоксаля. Неопределенность коэффициентов выбросов N₂O от производства капролактама составляет 40% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных об объемах производства капролактама – 3%.

Неопределенность коэффициентов выбросов N₂O от производства глиоксаля составляет 10% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных об объемах производства глиоксаля – 30%.

Неопределенность оценки выбросов N₂O при производстве капролактама составляет 40%, глиоксаля – 32%.

Производство карбида кремния. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ и CH₄ от производства карбида кремния составляет 10% (IPCC, 2006). Неопределенность данных предприятия об объемах производства карбида кремния и затрат нефтяного кокса на это производство не превышает 2%.

Общая неопределенность оценки выбросов CO₂ и CH₄ от производства карбида кремния определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 10%.

Производство и использование карбида кальция. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ от производства и потребления принимается равной 10% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных Росстата о производстве карбида кальция – 3%.

Неопределенность данных ФТС России об объемах экспорта и импорта карбида кальция также принимается равной 3%.

Таким образом, неопределенность данных о потреблении карбида кальция в 1996-2020 гг. равна 3%, в то время как в 1990-1995 гг. она может достигать 20% из-за отсутствия данных об объемах экспорта и импорта карбида кальция за эти годы.

Полученная в результате расчетов неопределенность оценки выбросов двуокиси углерода от производства и потребления карбида кальция составляет 11% в 1990-1995 гг. и менее 8% в 1996-2020 гг.

Производство диоксида титана. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ от производства диоксида титана хлоридным способом равна 15% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных об объемах производства диоксида титана – 50%.

Неопределенность оценки выбросов двуокиси углерода при производстве диоксида титана составляет примерно 52%.

Нефтехимическое производство и производство сажки. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ от производства в нефтехимической промышленности составляет от 10 до 60%. Неопределенность коэффициентов выбросов CH₄ от производства в нефтехимической промышленности составляет от 10 до 85%.

Неопределенность данных об объемах нефтехимического производства и производства сажки составляет 3%.

Производство метанола

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Неопределенность оценок выбросов CO_2 от производства метанола с использованием национальных коэффициентов выбросов составляет 6 %.

Неопределенность оценок выбросов CH_4 от производства метанола полностью определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 55%.

Производство этилена

Неопределенность оценок выбросов CO_2 от производства этилена с использованием национальных коэффициентов выбросов составляет 5%.

Неопределенность оценок выбросов CH_4 от производства этилена составляет 10%.

Производство винилхлорида (этилендихлорида/хлористого винила)

Неопределенность оценок выбросов CO_2 от производства винилхлорида полностью определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 35%.

Неопределенность оценок выбросов CH_4 от производства винилхлорида составляет 10%.

Производство окиси этилена

Неопределенность оценок выбросов CO_2 от производства окиси этилена составляет 10%.

Неопределенность оценок выбросов CH_4 от производства окиси этилена полностью определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 60%.

Производство акрилонитрила

Неопределенность оценок выбросов CO_2 от производства акрилонитрила полностью определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 60%.

Неопределенность оценок выбросов CH_4 от производства акрилонитрила составляет 10%.

Производство сажи

Неопределенность оценок выбросов CO_2 от производства сажи с использованием национальных коэффициентов выбросов составляет 6 %.

Неопределенность оценок выбросов CH_4 от производства сажи полностью определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 85%.

Производство фторсодержащих соединений. Неопределенность расчета выбросов ГФУ-23 при производстве ГХФУ-22 по методу уровня 2 составляет около 28% с учетом 3% неопределенности данных о производстве ГХФУ-22, 10% неопределенности данных о сборе и улавливании ГФУ-23 и 20% неопределенности расчета коэффициентов выбросов ГФУ-23 (IPCC, 2006).

Неопределенность расчета фугитивных выбросов при производстве ГФУ и ПФУ с использованием коэффициента выбросов по умолчанию МГЭИК полностью определяется неопределенностью коэффициента выбросов, установленной на уровне 100% (IPCC, 2006).

Неопределенность выбросов при производстве гексафторида серы, рассчитанных с использованием коэффициентов выбросов, полученных от предприятий-производителей, существенно ниже и, вероятно, не превышает 20%.

Производство водорода Неопределенность оценки объемов производства водорода с использованием технологии конверсии углеводородного топлива составляет 15%, неопределенность удельного потребления сырья по умолчанию – 30% (IPCC, 2019), неопределенность удельного содержания углерода в сырье – 30%.

Неопределенность оценок выбросов CO_2 от производства водорода в химической промышленности и металлургии составляет около 45%.

Неопределенность оценок выбросов CO_2 от производства водорода на дополнительных установках НПЗ обусловлена неопределенностью оценок объемов производства водорода (от 4-15% в 2021-2023 гг. до 50% в 2000-2002 гг.) и неопределенностью коэффициентов выбросов (от 1-2% в 2021-2023 гг. до 23% в 2000-2002 гг.) и изменяется от 50-60% в 2000 – 2002 гг. до 4-16%: в 2021 – 2023 гг.

4.3.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты выбросов парниковых газов и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

В настоящем кадастре выполнены следующие перерасчеты:

1. В настоящем кадастре выбросов ПГ выполнены незначительные корректировки выбросов CO_2 и CH_4 в 2022 гг. от производства карбида кремния, связанные с корректировкой предприятием данных о деятельности.
2. Выполнен перерасчет выбросов CO_2 от производства водорода в части расчетов выбросов от производства водорода на дополнительных установках на нефтеперерабатывающих предприятиях в 2000-2022 гг., для расчета в настоящем кадастре использованы национальные коэффициенты выбросов, разработанные в 2024 году.
3. Выполнен перерасчет выбросов от производства водорода для производства капролактама, бутиловых спиртов и металлургического производства для всего временного ряда. Сырьем для производства этой продукции является природный газ. В настоящем кадастре использовались параметры расчета для природного газа, а не по умолчанию, как в предыдущем кадастре.
4. Выполнен перерасчет выбросов CO_2 и CH_4 от производства метанола в 2022 г. в связи с корректировкой Росстатом данных о производстве метанола.

4.4 Металлургия (2.C)

4.4.1 Обзор

Для субсектора «Металлургия» проводилась оценка выбросов следующих ПГ: CO_2 от производства чугуна, железа прямого восстановления и стали, ферросплавов, первичного алюминия, свинца и цинка; CH_4 от производства окатышей, железа прямого восстановления и ферросплавов; перфторуглеродов CF_4 и C_2F_6 от производства первичного алюминия. Выбросы CO_2 от производства первичного магния в стране отсутствуют, т.к. в качестве сырья для его производства используется карналлит. Выбросы SF_6 и ГФУ от магниевых литых также отсутствуют. Результаты расчетов представлены в таблице 4.40.

Кроме того, оценивались выбросы CO , SO_2 и NO_x от производства чугуна, проката черных металлов и алюминия, а также выбросов неметановых летучих органических соединений от производства чугуна и проката черных металлов.

В 1991-1998 гг. в металлургической промышленности наблюдалось снижение выбросов ПГ, связанное с падением производства и экономическим кризисом. В 1998г. выброс ПГ от металлургии составлял 63,9% от уровня 1990г. В 2023 г. суммарный выброс ПГ от металлургии составил 110856 Гг CO_2 -эквивалента, что соответствует 82,2% от уровня выбросов в металлургии в 1990г.

Основным источником выбросов в металлургии является выплавка чугуна и стали (2.C.1), выброс от которой в 2023 г. составил 89,0% общего выброса ПГ в металлургической промышленности. Следующим по значению источником является производство первичного алюминия (2.C.3). В 2023 г. выброс от этого источника составил 6,9% общего выброса. Выброс ПГ от производства ферросплавов (2.C.2) в 2023 г. составил 3,9% общего выброса. Выбросы ПГ от производства свинца и цинка составляют лишь 0,1% и 0,1% суммарного выброса ПГ в металлургии.

4.4.2 Методика расчетов

Выбросы CO_2 и CH_4 от производства чугуна и стали (2.C.1)

Оценка выбросов CO_2 при производстве окатышей, агломерата, чугуна и стали проводилась в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 2006). Для расчета использовался метод второго уровня МГЭИК, предусматривающий оценку выбросов CO_2 по методике баланса углерода. Отдельно оценивались выбросы CO_2 при производстве железа прямого восстановления по методу уровня 3 (IPCC, 2006). По методу уровня 1 оценивались выбросы CH_4 от производства агломерата и железа прямого восстановления.

Таблица 4.40

Выбросы парниковых газов в металлургии, Гг CO₂-экв

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Выбросы CO ₂ от производства окатышей, чугуна, стали и железа прямого восстановления | | | | | | | | | | | | | | |
| 112327 | 80579 | 86463 | 92996 | 90015 | 93793 | 94663 | 94558 | 95602 | 96377 | 94889 | 96638 | 100231 | 95727 | 98575 |
| Выбросы CO ₂ от производства ферросплавов | | | | | | | | | | | | | | |
| 3725 | 2144 | 2966 | 3796 | 4334 | 4689 | 4564 | 4036 | 4636 | 4845 | 4652 | 4421 | 4561 | 4645 | 4305 |
| Выбросы CO ₂ от производства алюминия | | | | | | | | | | | | | | |
| 4880 | 4794 | 5462 | 6137 | 6574 | 5791 | 5897 | 6130 | 6136 | 6255 | 6448 | 6506 | 6485 | 6490 | 6478 |
| Выбросы CO ₂ от производства свинца | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 14 | 26 | 33 | 67 | 56 | 63 | 62 | 75 | 75 | 86 | 90 | 98 | 78 | 88 |
| Выбросы CO ₂ от производства цинка | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | 107 | 153 | 127 | 155 | 145 | 126 | 135 | 167 | 165 | 134 | 139 | 129 | 127 | 132 |
| Всего CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | |
| 121141 | 87637 | 95071 | 103088 | 101145 | 104473 | 105313 | 104921 | 106616 | 107718 | 106209 | 107793 | 111505 | 107066 | 109578 |
| Выбросы CH ₄ от производства чугуна, стали и железа прямого восстановления | | | | | | | | | | | | | | |
| 83 | 83 | 98 | 112 | 113 | 118 | 120 | 119 | 119 | 116 | 117 | 118 | 117 | 111 | 113 |
| Выбросы CH ₄ от производства ферросплавов | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 12 | 21 | 23 | 27 | 32 | 32 | 28 | 25 | 28 | 25 | 26 | 26 | 25 | 22 |
| Всего CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| 103 | 95 | 119 | 135 | 140 | 149 | 152 | 148 | 144 | 144 | 142 | 144 | 143 | 136 | 135 |
| Выброс CF ₄ от производства алюминия | | | | | | | | | | | | | | |
| 11735 | 10494 | 7605 | 4953 | 2804 | 2376 | 2751 | 2852 | 2055 | 1267 | 1158 | 1173 | 1081 | 1009 | 1033 |
| Выброс C ₂ F ₆ от производства алюминия | | | | | | | | | | | | | | |
| 1830 | 1582 | 1208 | 626 | 334 | 232 | 267 | 279 | 212 | 139 | 125 | 125 | 115 | 107 | 109 |
| Всего ПФУ | | | | | | | | | | | | | | |
| 13565 | 12076 | 8813 | 5579 | 3138 | 2608 | 3018 | 3131 | 2267 | 1406 | 1283 | 1298 | 1196 | 1116 | 1143 |
| Всего | | | | | | | | | | | | | | |
| 134809 | 99808 | 104002 | 108802 | 104424 | 107230 | 108483 | 108199 | 109028 | 109268 | 107634 | 109235 | 112843 | 108319 | 110856 |

В 2023 г. заключено Соглашение о сотрудничестве между Ассоциацией «Русская сталь», Корпорацией «ЧерМет» и Институтом глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля. Соглашение заключено с целью повышения качества оценок выбросов CO₂ от черной металлургии, совершенствования национальной системы учета выбросов парниковых газов, а также в интересах сотрудничества по другим вопросам, связанным с изменением климата применительно к предприятиям черной металлургии, включая адаптацию к изменениям климата, реализацию климатических проектов и инициатив.

Производство агломерата. Выбросы CO₂ от производства агломерата оценивались по методике уровня 2 МГЭИК по формуле 4.10 (IPCC, 2006). Данные Росстата о производстве агломерата представлены в таблице 4.45. Расчет выбросов CO₂ от производства агломерата проводился на основе предоставленных Ассоциацией «Русская сталь» и Корпорацией «Чермет» уточненных данных о потреблении сырья и топливно-энергетических ресурсов в 2018–2023 гг. Учитывалось потребление коксовой мелочи, угля, природного газа, известняка, доломита и сидерита при производстве агломерата. В 1990 – 2017 гг. в расчетах использовались средние значения удельного потребления сырья и топливно-энергетических ресурсов в 2018 – 2023 гг. Содержание углерода в коксовой мелочи принималось равным содержанию углерода в коксе. В расчетах выбросов CO₂ в 1990 – 2017 гг. использовалось национальное значение - 84,66%, в 2018 – 2023 гг. использовались отраслевые данные. Данные об удельном использовании кокса, угля, природного газа и карбонатных пород для производства агломерата представлены в таблице 4.41.

Таблица 4.41

Удельное потребление топливно-энергетических ресурсов и карбонатных пород в производстве агломерата

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Удельный расход коксовой мелочи, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 45,9 | 45,9 | 45,9 | 45,9 | 45,9 | 45,9 | 45,9 | 45,9 | 45,9 | 44,9 | 44,8 | 46,2 | 47,3 | 46,8 | 45,4 |
| Удельный расход каменного угля, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,6 | 3,0 | 3,5 | 3,4 | 3,7 | 2,7 |
| Удельный расход природного газа, м ³ /тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,8 | 2,8 | 2,7 |
| Удельный расход известняка, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 74,3 | 74,3 | 74,3 | 74,3 | 74,3 | 74,3 | 74,3 | 74,3 | 74,3 | 75,2 | 68,1 | 68,0 | 79,4 | 79,3 | 76,1 |
| Удельный расход доломитов, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 30,2 | 30,2 | 30,2 | 30,2 | 30,2 | 30,2 | 30,2 | 30,2 | 30,2 | 31,7 | 32,1 | 33,7 | 27,0 | 22,5 | 34,4 |
| Удельный расход сидеритов, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Использовались национальные данные о содержании углерода в природном газе (14,836 т С/ТДж). В расчетах в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 2006) используется коэффициент окисления, равный 1,0.

Для оценки выбросов CO₂, связанных с известняковыми и доломитовыми флюсами, использовались коэффициенты выбросов по умолчанию, равные 0,440 тонн CO₂/тонну известняка и 0,477 тонн CO₂/тонну доломита, рассчитанные на основании стехиометрических уравнений для химически чистых известняков и доломитов.

Используемые в промышленности известняки и доломиты не являются химически чистыми и в небольших количествах содержат примеси некарбонатных, в том числе глинистых

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

минералов, а также обломочных частиц различного состава. При расчете выбросов CO₂ вводился поправочный коэффициент, учитывающий наличие некарбонатных примесей.

Для определения допустимого наличия примесей, использовались требования, предъявляемые к известнякам и доломитам, используемым в металлургии.

Государственные стандарты определяют минимальное содержание СаО в известняках, используемых в металлургии, и представлены в таблице 4.42.

Таблица 4.42

Государственные стандарты для известняков, используемых в черной металлургии

| Область применения | Минимальное содержание СаО, % | Соответствующее минимальное содержание химически чистого известняка, % | Источник информации |
|---|-------------------------------|--|---------------------|
| Сырье доменное, агломерационное, электросталеплавильное, ферросплавное 1 сорт | 52 | 92,8 | Шишкин, 1984 |
| Сырье доменное, агломерационное, электросталеплавильное, ферросплавное 2 сорт | 50 | 89,2 | Шишкин, 1984 |
| Химически чистый известняк | 56,03 | 100 | Бирюлев и др., 1999 |

Для использования известняков в металлургии определялось среднее минимальное допустимое содержание карбонатных пород в сырье. Для корректировки выбросов CO₂ использовались средние значения между чистыми (100%) известняками и минимальным допустимым по ГОСТу содержанием известняков в сырье. Полученное таким образом среднее содержание известняка в сырье для металлургии составляет 96,18%.

Для доломитов использовалось среднее содержание доломита в сырье для металлургии, представленное в таблице 4.15 и равное 90,89%.

Производство чугуна. При производстве чугуна и стали, в РФ в качестве восстановителя на подавляющем большинстве предприятий используется кокс.

Эмиссия CO₂ от производства чугуна оценивалась по формуле 4.9 (IPCC, 2006).

В настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов CO₂ от производства чугуна. Перерасчет выбросов выполнен в связи с уточнением данных Корпорации «ЧерМет» об удельном потреблении кокса, каменного угля, природного газа и железа прямого восстановления в 2018 – 2022 гг.

Расчеты выбросов CO₂ от производства чугуна и стали в 1990 – 2017 гг. выполнялись на основании публикуемых в бюллетене «Черная металлургия» отраслевых данных об удельном использовании сырья и топливно-энергетических ресурсов в черной металлургии (Шевелев, 1996; Катунин и др., 2000; Катунин, 2002- 2009, 2011; Катунин и др. 2013; Катунин и др., 2015, 2017; Катунин и др., 2019; Катунин и др., 2020; Катунин и др., 2021).

В расчетах для 1990 – 2017 гг. использовалось национальное значение содержания углерода в коксе (84,66%) в соответствии со значением, которое используется в секторе «Энергетика» национального кадастра. В 2018 – 2023 гг. расчеты выполнены на основе отраслевых данных о содержании углерода в коксе. Содержание углерода в каменном угле (67%) и в руде (0%) принимались по умолчанию (IPCC, 2006). Использовались национальные данные о содержании углерода в природном газе (14,836 т С/ТДж). Расчет содержания чистого известняка в сырье для черной металлургии представлен выше в разделе «Производство агломерата». Содержание углерода в железе прямого восстановления определялось как средневзвешенное значение по данным предприятий. Содержание углерода в чугуне составляет по данным Минпромторга России – 4,3%. В расчетах в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 2006) используется коэффициент окисления, равный 1,0.

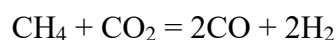
Данные об удельном использовании кокса, угля, природного газа, железа прямого восстановления и известняка для производства чугуна представлены в таблице 4.43. Данные о производстве чугуна представлены в таблице 4.45.

Таблица 4.43

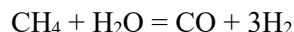
Удельное потребление топливно-энергетических ресурсов и известняка в производстве чугуна

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Удельный расход кокса, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 468,6 | 486,0 | 467,6 | 448,2 | 439,8 | 417,2 | 407,7 | 413,7 | 407,2 | 395,2 | 395,7 | 388,8 | 388,5 | 381,2 | 371,7 |
| Удельный расход каменного угля, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | 16,7 | 23,2 | 19,3 | 24,8 | 39,1 | 34,2 | 38,0 | 39,9 | 42,9 | 41,3 |
| Удельный расход природного газа, м ³ /тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 91,0 | 99,0 | 92,1 | 99,5 | 100,3 | 96,5 | 96,9 | 98,3 | 98,1 | 92,5 | 97,0 | 98,9 | 103,9 | 109,6 | 114,5 |
| Удельный расход известняка, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 0,5 | 0,4 | 3,2 | 1,7 | 2,0 | 3,0 | 2,4 | 6,1 |
| Удельный расход железа прямого восстановления, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4,2 | 1,0 | 0,5 | 2,8 |

Производство железа прямого восстановления. Железо прямого восстановления на Оскольском электрометаллургическом комбинате (ОЭМК) производится с использованием способа Midrex, главным отличием которого является технология конверсии природного газа в восстановительный газ. Конверсия в этом процессе осуществляется диоксидом углерода CO₂, содержащимся в отходящем из печи колошниковом газе по реакции:



На Лебединском Горно-обогатительном комбинате (ГОК) для производства железа прямого восстановления используются технологии HyL и Midrex. Основной особенностью процесса HyL является применение паровой конверсии природного газа, которая протекает по реакции:



Расчет выбросов проводился по формуле 4.11 (IPCC, 2006). Использовались национальные данные о содержании углерода в природном газе (14,836 т С/ТДж) и данные предприятий о среднем содержании углерода в железе прямого восстановления и удельном потреблении природного газа для прямого восстановления железа.

Данные о производстве железа прямого восстановления и среднем удельном потреблении природного газа приводятся в таблице 4.44. Среднее содержание углерода в железе прямого восстановления составляет от 1,1 до 1,7%.

Производство стали. Оценка выбросов CO₂ при производстве стали основана на изменении содержания углерода в продукции при производстве стали из чугуна, металлизированных окатышей и стального лома. Кроме того, учитывалось сгорание углеродных электродов при производстве электростали (формула 4.9, (IPCC, 2006)).

В настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов CO₂ на основании уточненных данных об удельном расходе сырья и топлива при производстве стали в 2018 – 2023 гг., переданных Корпорацией «ЧерМет».

По данным Минпромторга России содержание углерода в чугуне и стали составляет 4,3% и 0,25% соответственно. При расчете выбросов CO₂ от производства стали использовались эти значения. Удельный расход электродов в электропечах ОЭМК принят равным 2,3 кг/т электростали, для других производителей электростали по информации, переданной Корпорацией «ЧерМет», удельный расход электродов ниже и составляет 1,8 кг/т электростали.

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Таблица 4.44

Производство, экспорт и импорт железа прямого восстановления, средний удельный расход природного газа на производство в России.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|
| Производство железа прямого восстановления ¹⁾ , тыс. тонн | | | | | | | | | | | | | | |
| 1683 | 1678 | 1919 | 3203 | 4703 | 5630 | 5777 | 6056 | 7217 | 8068 | 8092 | 7983 | 7940 | 7713 | 7769 |
| Удельный расход природного газа, м ³ /т железа прямого восстановления | | | | | | | | | | | | | | |
| 365,9 | 341,4 | 325,2 | 319,5 | 315,7 | 309,9 | 304,6 | 306,7 | 304,5 | 301,3 | 300,8 | 299,7 | 300,5 | 300,7 | 300,6 |
| Экспорт железа прямого восстановления ²⁾ , тыс. тонн | | | | | | | | | | | | | | |
| н/д | н/д | 481,3 | 1338,0 | 1961,2 | 2191,5 | 2207,1 | 2289,3 | 2867,0 | 3654,1 | 4275,1 | 3933,0 | 4013,8 | C ³⁾ | C ³⁾ |
| Импорт железа прямого восстановления ²⁾ , тыс. тонн | | | | | | | | | | | | | | |
| н/д | н/д | 0,1 | - | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,7 | C ³⁾ | C ³⁾ |

¹⁾ С 2017 г. продукты прямого восстановления железной руды и прочее губчатое железо в кусках.

²⁾ По данным ФТС России с учетом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС. Данные приведены без учета взаимной торговли с Республикой Казахстан за июль-декабрь 2010 г. в связи с отменой таможенного оформления на российско-казахстанской границе с 1 июля 2010 г.

³⁾ Информация является конфиденциальной

Таблица 4.45

Производство чугуна, в том числе передельного, стали, электростали, окатышей, агломерата и проката черных металлов в России, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|
| Производство чугуна | | | | | | | | | | | | | | |
| 59387 | 39758 | 44584 | 49175 | 48010 | 51460 | 52411 | 51873 | 52128 | 51793 | 51184 | 52003 | 53785 | 51586 | 54230 |
| В том числе передельного чугуна | | | | | | | | | | | | | | |
| 55812 | 38494 | 43352 | 47930 | 47584 | 51109 | 52152 | 51611 | 51911 | 51603 | 51015 | 51855 | 53632 | 51449 | 54003 |
| Экспорт передельного чугуна | | | | | | | | | | | | | | |
| 2549 | 2889 | 3691 | 5132 | 4039 ¹⁾ | 4359 | 5340 | 5139 | 4822 | 5774 | 4252 | 4184 | 3933 | C ³⁾ | C ³⁾ |
| Импорт передельного чугуна | | | | | | | | | | | | | | |
| – | 174 | 2,2 | 2,5 | 0,1 ¹⁾ | 0,3 | 0,2 | 13,2 | 95,8 | 539,9 | 43,0 | 9,0 | 1,6 | C ³⁾ | C ³⁾ |
| Производство стали | | | | | | | | | | | | | | |
| 89622 | 51589 | 59150 | 66262 | 66844 | 70547 | 69422 | 69813 | 73095 | 74319 | 73883 | 73802 | 77777 | 72208 | 75036 |
| В том числе электростали ²⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 13361 | 6619 | 8711 | 13604 | 19122 | 21167 | 19920 | 21554 | 23900 | 26037 | 25584 | 24799 | 26852 | 24699 | 26360 |
| Производство проката черных металлов | | | | | | | | | | | | | | |
| 63737 | 39035 | 46712 | 54661 | 57708 | 61219 | 60435 | 60473 | 60484 | 61650 | 61639 | 61736 | 65865 | 61414 | 64478 |
| Производство окатышей | | | | | | | | | | | | | | |
| 28000 | 26467 | 30761 | 35708 | 37376 | 39684 | 40932 | 42880 | 48787 | 52177 | 52041 | 51735 | 54204 | 47808 | 46708 |
| Производство агломерата | | | | | | | | | | | | | | |
| 42264 | 42264 | 49593 | 56717 | 57108 | 59275 | 60519 | 60014 | 59528 | 57955 | 58333 | 59201 | 58358 | 55438 | 56416 |

¹⁾ Данные приведены без учета взаимной торговли с Республикой Казахстан за июль – декабрь 2010 г. в связи с отменой таможенного оформления товаров на российско-казахстанской границе с 1 июля 2010 г.

²⁾ С 2017 г. информация не разрабатывается; Данные предоставлены Корпорацией «ЧерМет».

³⁾ Информация является конфиденциальной

При оценке выбросов CO₂ использовались данные Росстата о количестве переделного (идущего на производство стали) чугуна и о производстве стали и электростали. Необходимо отметить, что по данным Росстата в России около 97% выплавляемого чугуна в дальнейшем используется для производства стали. Расчет выполнен с учетом экспорта и импорта переделного чугуна (Госкомстат Российской Федерации, 1992, 1996, 1998, 2000; Росстат, 2005 – 2023).

Статистические данные приводятся в таблице 4.45.

В настоящем кадастре учитывается также использование стального и чугунного лома, а также природного газа в производстве стали. Эти данные получены из ежегодно публикуемых в бюллетене «Черная металлургия» основных показателей работы отрасли за год. (Шевелев, 1996; Катунин и др., 2000; Катунин, 2002- 2009, 2011; Катунин и др., 2015, 2017-2020,2021) и представлены в таблице 4.46. Уточненные данные за 2018 – 2023 гг. переданы Корпорацией «ЧерМет».

Таблица 4.46

Удельный расход сырья в производстве стали.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Удельный расход стального лома, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 460,5 | 379,0 | 374,1 | 397,3 | 345,6 | 339,6 | 329,7 | 371,0 | 370,0 | 450,1 | 435,2 | 421,4 | 435,5 | 402,5 | 396,5 |
| Удельный расход чугунного лома, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 15 | 11 | 6,1 | 2,4 | 2,9 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 0,8 | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 1,0 | 0,7 |
| Удельный расход природного газа, м ³ /тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 40,5 | 39,5 | 28,2 | 19,7 | 9,7 | 3,9 | 3,4 | 3,2 | 3,4 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | 3,2 | 3,6 | 3,4 |

При оценке выбросов CO₂ от производства стали по методу уровня 2 МГЭИК учитывается также горячебрикетированное железо, произведенное на Лебединском ГОК и использованное в РФ, для производства стали.

Отдельно оценивались выбросы CO₂ от производства электростали на ОЭМК по методу уровня 3 МГЭИК на основании данных предприятия о производстве стали, потреблении металлургических окатышей, стального лома и углеродных электродов, содержании углерода в сырье и конечной продукции.

Производство окатышей. Выбросы CO₂ от производства окатышей в настоящем кадастре рассчитаны в соответствии с методикой уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006), основанной на балансе углерода. В расчетах использовались данные Росстата об объемах производства окатышей (таблица 4.45). Данные об удельном расходе топлива и карбонатных материалов в 2018 – 2023гг. предоставлены Корпорацией «ЧерМет». В 1990 – 2017 гг. в расчетах использовались средние значения расходов карбонатных пород в 2018 – 2022 гг. и максимальные значения расходов топлив. Данные по удельному расходу сырья и топлив представлены в таблице 4.47.

Использовалось значение по умолчанию МГЭИК содержание углерода в топливном мазуте.

Таблица 4.47

Удельное потребление топливно-энергетических ресурсов, известняка и доломитов в производстве окатышей

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Удельный расход топливного мазута, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| Удельный расход природного газа, м ³ /тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,1 | 9,1 | 9,1 | 9,1 | 9,1 | 9,1 | 9,1 | 9,1 | 9,1 | 9,2 | 9,1 | 9,1 | 8,9 | 9,0 | 9,1 |
| Удельный расход известняка, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 13,4 | 10,8 | 9,5 | 13,5 | 12,6 | 13,1 |
| Удельный расход доломитов, кг/тонну | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | - | - | 2,9 | 1,0 | 0,1 | 0,4 |

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Выбросы CH₄ от производства агломерата и железа прямого восстановления. Выбросы CH₄ от производства агломерата и железа прямого восстановления оценивались по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) по формулам 4.12 и 4.14. В расчетах использовались коэффициенты выбросов по умолчанию, равные 0,07 кг CH₄/тонну агломерата и 1 кг CH₄/ТДж природного газа, использованного при производстве железа прямого восстановления. Данные Росстата об объемах производства агломерата представлены в таблице 4.45.

Кроме оценки выбросов CO₂, проведена оценка выбросов NO_x, НМЛОС, CO, SO₂ от доменного и прокатного производства. Оценка проводилась по методике (IPCC, 1996). В расчетах использовались коэффициенты выбросов по умолчанию для различных стадий доменного и прокатного производства (таблица 4.48) и данные Росстата о выпуске чугуна и проката, которые приводятся в таблице 4.45.

Таблица 4.48

Коэффициенты выбросов NO_x, НМЛОС, CO, SO₂ от доменного и прокатного производства, г/тонну продукции

| | NO _x | НМЛОС | CO | SO ₂ |
|----------------|-----------------|-------|------|-----------------|
| Загрузка домны | - | 100 | 1300 | 2000 |
| Выпуск чугуна | 76 | 20 | 112 | 30 |
| Выпуск проката | 40 | 30 | 1 | 45 |

Выбросы CO₂ от производства ферросплавов (2.С.2)

Оценка выбросов CO₂ от производства ферросплавов проводилась по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Выбросы рассчитывались на основании данных об объемах производства ферросплавов. Оценка выполнена для производств доменного ферромарганца, ферросилиция, феррохрома, силикомарганца, ферросиликомарганца, ферросиликохрома и металлического кремния. Объемы производства получены из базы данных Росстата и представлены в таблице 4.49.

Таблица 4.49

Производство ферросплавов в России, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ферросплавы (ферромарганец) доменные | | | | | | | | | | | | | | |
| 281 | 82,5 | 91,8 | 110,1 | 174,9 | 178,8 | 155,7 | 124,2 | 252,6 ²⁾ | 280,9 | 272,8 | 238,4 | 273,4 | 283,9 | 252,5 |
| Ферросилиций, в пересчете на 45% содержание кремния | | | | | | | | | | | | | | |
| 633 | 372 | 672 | 742 | 899 | 1061 | 1058 | 936 | 840 | 929 | 846 | 880 | 882 | 846 | 730 |
| Феррохром 60% ¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 476 | 354 | 294 | 584 | 527 | 441 | 363 | 268 | 434 | 332 | 384 | 343 | 289 | 309 | 280 |
| Силикомарганец 92% | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | 156,1 | 176,4 | 188,9 | 203,2 | 44,9 | 43,3 | - | - | - | - | - |
| Ферросиликохром 40% (товарный) | | | | | | | | | | | | | | |
| 16,4 | 76,7 | 91,0 | 85,4 | 54,8 | 67,0 | 102,0 | 71,3 | 80,9 | 90,0 | 79,1 | 59,7 | 53,7 | 65,4 | 57,2 |
| Ферросиликомарганец | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | 286,9 | 305,1 | 369,8 | 384,7 | 426,9 | 454,6 | 531,0 |
| Металлический кремний | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | 41 | 63 | 58 | 50 | 55 | 60 | 59 | 56 | 57 | 48 | 27 | 35 | 44 | 51 |

¹⁾ С 2010г. – феррохром низкоуглеродистый и феррохром высокоуглеродистый/ с 2017 г. феррохром

²⁾ С 2017 г. – ферромарганец.

Данные об объемах производства металлического кремния в 1990-1999 гг. получены от исследовательской группы «Инфомайн». В 2000-2011 гг. использованы данные Росстата, в 2012-2023 гг. – данные из отчетов Объединенной компании «РУСАЛ» (ОК «РУСАЛ»).

Для расчета выбросов использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006): 2,5 т. CO₂/т ферросилиция 45%, 1,6 т CO₂/т. феррохрома, 1,4 т CO₂/т. силикомарганца, 5,0 т CO₂/т. металлического кремния.

В настоящем кадастре выбросов ПГ на основании отраслевых данных за 2013 г. рассчитано национальное значение коэффициента выбросов CO₂ от производства доменного ферромарганца. Коэффициент выбросов рассчитывался по методике баланса углерода (метод уровня 2 МГЭИК). Использованные данные об удельном расходе кокса, известняка и содержании углерода в сырье и произведенном ферросплаве представлены в таблице 4.50.

Полученный коэффициент выбросов CO₂ от производства доменного ферромарганца, равный 3,97 т CO₂/тонну ферромарганца, существенно больше коэффициента выбросов по умолчанию МГЭИК, равного 1,5 т CO₂/тонну ферромарганца. Это связано с тем, что коэффициент выбросов по умолчанию, по-видимому, был рассчитан для технологии производства ферромарганца в руднотермических электропечах. Удельное потребление кокса при производстве в руднотермических электропечах существенно ниже (в 2 – 3 раза), чем при производстве доменных ферросплавов.

Кроме того, были рассчитаны национальные коэффициенты выбросов CO₂ от производства ферросиликомарганца и ферросиликохрома. Коэффициенты выбросов CO₂ по умолчанию от этих ферросплавов в руководстве МГЭИК отсутствуют. Ферросиликомарганец и ферросиликохром производятся в России в руднотермических электропечах. Коэффициенты выбросов рассчитывались по методике баланса углерода (метод уровня 2 МГЭИК). Использовались данные об удельном потреблении углеродсодержащего сырья из информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям в производстве чугуна, стали и ферросплавов (Информационно-технический справочник, 2021). Использованные данные об удельном расходе углеродсодержащего сырья и содержании углерода в сырье и произведенных ферросплавах представлены в таблице 4.50.

Таблица 4.50

Удельный расход кокса и других углеродсодержащих материалов, содержание углерода в ферросплавах, коксе и других углеродсодержащих материалах, использованные при расчете национальных коэффициентов выбросов

| Удельный расход сырья на производство ферросплавов, т/т произведенного ферросплава | | | | Содержание углерода, % | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| кокс | известняк | электроды | феррохром | ферросплав | кокс | известняк | электроды | феррохром |
| Доменный ферромарганец | | | | | | | | |
| 1,3595 | 0,0219 | - | - | 7 | 84,66 | 12 | - | - |
| Ферросиликомарганец | | | | | | | | |
| 0,41 | 0,05 | 0,0263 | - | 2 | 84,66 | 12 | 82 | |
| Ферросиликохром | | | | | | | | |
| 0,28 | - | 0,048 | 0,75 | 2,5 | 84,66 | - | 82 | 8 |
| 0,50 | - | 0,074 | 0,54 | 2,5 | 84,66 | - | 82 | 8 |

Оценка выбросов CH₄ от производства ферросилиция и металлического кремния выполнялась по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Использовались коэффициенты выбросов по умолчанию: 1,2 кг CH₄/тонну металлического кремния и 1,0 кг CH₄/тонну ферросилиция.

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Выбросы CO₂, ПФУ от производства алюминия (2.С.3)

Выбросы CO₂. Оценка выбросов CO₂ от производства алюминия производилась по методике уровня 1 (IPCC, 2006). Использовались коэффициенты эмиссии по умолчанию: 1,7 т CO₂/т выплавленного алюминия для производства с использованием технологии Содерберга, и 1,6 т CO₂/т алюминия для технологии с предварительно обожженными анодами (IPCC, 2006).

В настоящем кадастре использовались данные ОК «РУСАЛ» об объемах выплавки первичного алюминия в 1990-2023 гг. по технологиям Содерберга и предварительно обожженных анодов. Данные по выплавке первичного алюминия приводятся в таблице 4.51 по данным федеральной статистики (Росстат, 1998, 2004-2023).

Таблица 4.51

Производство первичного алюминия в России, % к предыдущему году

| Годы | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| Объем производства | 103,0 | 104,0 | 103,0 | 102,0 | 98,4 | 94,1 | 95,5 | 92,3 | 94,9 | 114,5 | 103,6 | 98,5 | 89,6 | 118,1 | 103,5 |

Данные о производстве первичного алюминия с применением различных технологий на алюминиевых заводах компании «РУСАЛ» приводятся в таблице 4.52

Таблица 4.52

Доля использования различных технологий в производстве первичного алюминия в России, %

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Электролизеры Содерберга с верхним токоподводом (VSS) | | | | | | | | | | | | | | |
| 74,4 | 72,8 | 69,1 | 66,0 | 61,9 | 66,8 | 65,8 | 63,6 | 63,5 | 64,1 | 62,1 | 61,6 | 61,7 | 61,3 | 61,2 |
| Электролизеры Содерберга с боковым токоподводом (HSS) | | | | | | | | | | | | | | |
| 15,8 | 13,8 | 13,8 | 13,0 | 7,3 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 1,5 |
| Электролизеры с предварительным обжигом анодов без применения АПГ и периферийной загрузкой (SWPB) | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,8 | 13,4 | 15,6 | 2,6 | 2,1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Электролизеры с предварительным обжигом анодов с применением АПГ и центральной загрузкой (CWPB) | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | 1,5 | 18,4 | 28,7 | 31,3 | 32,3 | 34,6 | 34,6 | 34,0 | 36,1 | 36,6 | 36,6 | 37,0 | 37,3 |

Выбросы ПФУ. Оценка выбросов перфторуглеродов CF₄ и C₂F₆ от производства первичного алюминия выполнена с использованием методики уровня 2 (IPCC, 2006). Расчет был выполнен на основе данных об объемах производства алюминия, используемой технологии, частоте и средней продолжительности анодных эффектов, предоставленных компанией «РУСАЛ». Для 2006-2015, 2017-2023 гг. эти данные детализированы для всех цехов каждого из 13 алюминиевых заводов, работающих на территории РФ. Для периода 1990 – 2005, 2016 гг. данные предоставлены по каждому из заводов в целом.

Для каждой технологии производства алюминия рассчитывались коэффициенты выбросов с использованием данных о частоте и средней продолжительности анодных эффектов и угловых коэффициентов по умолчанию (IPCC, 2006).

Данные о частоте и продолжительности анодных эффектов в 1990-2005 гг. отсутствуют для Красноярского алюминиевого завода, но известно, что удельные выбросы CF₄ и C₂F₆ от производства первичного алюминия в 2007г. снизились на 82% по сравнению с 1990г. (информация с сайта компании «РУСАЛ»). Эта информация была использована для оценки коэффициентов выбросов ПФУ на Красноярском алюминиевом заводе (КраАЗ) в 1990-2005 гг. и для формирования согласованного временного ряда данных.

Начиная с 2017 г. на заводах ОК «РУСАЛ» были выполнены измерения с целью определения углового коэффициента и весового соотношения C_2F_6/CF_4 для каждого из заводов компании. В 2017 г. такие измерения были выполнены на Красноярском и Иркутском алюминиевых заводах, в 2018 г. – на Братском, Кандалакшском, Новокузнецком и Саяногорском. С учетом этих новых данных, полученных от ОК «РУСАЛ», в национальном кадастре выполнен расчет выбросов ПФУ от производства алюминия в 2017 – 2023 гг. по методике третьего уровня МГЭИК для тех предприятий, для которых имеются значения углового коэффициента и весового соотношения C_2F_6/CF_4 на уровне предприятия. Для остальных предприятий расчет выполнялся по методике второго уровня с использованием значений углового коэффициента и весового соотношения C_2F_6/CF_4 по умолчанию (IPCC, 2006).

Оценка выбросов CO , NO_x и SO_2 выполнена по методике (IPCC, 1996) с использованием коэффициентов эмиссии по умолчанию (табл. 2-21), равных для технологии с предварительно обожженными анодами – 535 кг CO /тонну алюминия, 2,15 кг NO_x / тонну и 15,1 кг SO_2 / тонну, и для технологии Содерберга – 135 кг CO /тонну алюминия, 2,15 кг NO_x / тонну и 14,2 кг SO_2 / тонну.

Выбросы CO_2 , гексафторида серы и ГФУ при производстве магния (2.С.4)

В России производство магния и его сплавов сосредоточено исключительно в Уральском регионе и осуществляется на двух предприятиях – АО «АВИСМА Березниковский титано-магниевый комбинат» и АО «Соликамский магниевый комбинат». Оба предприятия используют карналлитовое сырье, поэтому выбросы CO_2 от производства первичного магния в России отсутствуют.

В настоящем кадастре оценка выброса SF_6 рассматривается с учетом информации, полученной на предприятиях-производителях магниевых сплавов и в отраслевых научно-исследовательских организациях. Согласно этим данным, в период 1990-2023 гг. SF_6 и ГФУ в России в условиях производства не использовались для литья магния и его сплавов. В настоящем кадастре для выбросов SF_6 и ГФУ в период 1990-2023 гг. используется обозначение NO (не происходят).

Выбросы CO_2 от производства свинца (2.С.5)

Оценка выбросов CO_2 от производства свинца выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 0,52 т CO_2 /тонну продукции. Данные Росстата о производстве свинца представлены в таблице 4.53.

Таблица 4.53

Производство свинца и цинка в России, % к предыдущему году

| Годы | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Производство свинца | 87 | 107 | 98 | 96 | 108 | 96 | 114 | 99 | 120 | 101 | 114 | 104 | 109 | 80 | 114 |
| Производство цинка | 88 | 121 | 104 | 89 | 117 | 103 | 87 | 107 | 124 | 99 | 81 | 104 | 93 | 98 | 104 |

Выбросы CO_2 от производства цинка (2.С.6)

Оценка выбросов CO_2 от производства цинка выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006).

Производство первичного цинка в РФ в настоящее время осуществляется на двух предприятиях: ОАО «Челябинский цинковый завод» (ОАО «ЧЦЗ»), а также на заводе «Электроцинк», входящем в Уральскую горно-металлургическую компанию. До 2003 г. первичный цинк производился также на ООО «Беловский цинковый завод», но доля его в национальном производстве цинка была незначительна (от 0,5% до 4%).

На ОАО «ЧЦЗ» и заводе «Электроцинк» используется схема гидрометаллургического извлечения цинка, при использовании которой существенных неэнергетических выбросов CO_2 от производства цинка не образуется. Но при подготовке цинкового раствора для электролиза часть цинка (14 – 20% по данным Челябинского цинкового завода) извлекается из цинкового

кека вельц-печах. Поэтому при расчете выбросов CO_2 от производства цинка гидрометаллургическим способом для 17% объема производства используется коэффициент выбросов по умолчанию для вельц-печей, равный 3,66 т CO_2 /тонну цинка. Для оценки выбросов CO_2 от производства цинка на «Беловском цинковом заводе» используется коэффициент выбросов по умолчанию, равный 1,72 т CO_2 /тонну цинка.

Данные Росстата о производстве цинка представлены в таблице 4.53.

4.4.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2С оценка неопределенностей выбросов CO_2 , CH_4 и PFCs проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2000, 2006) для следующих источников:

- производство чугуна и стали;
- производство кокса;
- производство ферросплавов;
- производство первичного алюминия;

Использовались формулы расчета неопределенностей от суммы и произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; IPCC, 2006)

Производство чугуна и стали. Неопределенность данных об объемах использования кокса при производстве чугуна составляет около 3%, неопределенность значений углеродного содержания кокса – 10% (IPCC, 2006), неопределенность содержания углерода в чугуне и стали (национальные значения) – 5%. Неопределенность данных Росстата о производстве чугуна и стали – 3%. Неопределенность оценки выбросов двуокиси углерода от черной металлургии составляет около 12%.

Неопределенность оценки выбросов CO_2 от производства стали составляет – около 6,5%.

Производство ферросплавов. Неопределенность данных Росстата об объемах производства ферросплавов составляет 3%. Неопределенности, связанные с использованием коэффициентов выбросов CO_2 по умолчанию значительно выше и составляют 25% (IPCC, 2006). Суммарная неопределенность оценки выбросов от производства ферросплавов по результатам расчетов составляет около 20%.

Производство первичного алюминия. Для этого источника оценивались неопределенности как для выбросов CO_2 , так и для выбросов перфторуглеродных соединений. По результатам расчетов неопределенность выбросов CO_2 от производства алюминия составляет 10,5%. Неопределенность коэффициентов выбросов – 10% (IPCC, 2006), неопределенность данных о производстве первичного алюминия – 3%.

Для метода уровня 2 неопределенность оценки выбросов CF_4 и C_2F_6 рассчитывается на основе значений неопределенности данных о производстве алюминия и неопределенности значений углового коэффициента для различных технологий производства алюминия. Неопределенность заводских данных о производстве алюминия составляет 1% (IPCC, 2006), неопределенность частоты и длительности анодных эффектов невелика (IPCC, 2006) и принята равной 20%. В расчетах используются значения неопределенности угловых коэффициентов «по умолчанию» (IPCC, 2006).

В результате расчетов получены значения неопределенности оценки выбросов CF_4 и C_2F_6 для метода уровня 2 в 2006 – 2022 гг. – 5-7%, что объясняется высокой степенью детальности исходных данных, используемых для расчета выбросов ПФУ.

Неопределенность оценки выбросов CF_4 и C_2F_6 для метода уровня 2 в 1990 – 2005 гг. составляет 15 – 20%.

Производство свинца. Неопределенность данных о производстве свинца составляет 10% (IPCC, 2006), неопределенность коэффициента выбросов по умолчанию – 50%. Неопределенность оценки выбросов полностью определяется неопределенностью, связанной с использованием коэффициента выбросов по умолчанию, и составляет 50%.

Производство цинка. Неопределенность данных о производстве цинка составляет 10% (IPCC, 2006), неопределенность коэффициента выбросов по умолчанию для отдельных способов производства – 20%. Неопределенность оценки выбросов – около 22%.

4.4.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты выбросов парниковых газов и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

В кадастре 2025 г. в подсекторе «Металлургия» выполнены следующие перерасчеты выбросов CO₂:

1. Выбросы CO₂ от производства агломерата (категория 2.C.1.d) и от производства окатышей (категория 2.C.1.e) пересчитаны в 2018-2022 гг. в связи с уточнением Корпорацией «ЧерМет» данных о потреблении топлива и сырья в 2018 – 2022 гг.
2. Выбросы CO₂ от производства чугуна (категория 2.C.1.b) пересчитаны в 2018-2022 гг. в связи с корректировкой Корпорацией «ЧерМет» значений удельного потребления кокса, каменного угля, природного газа, а также содержания углерода в коксе.
3. Выбросы CO₂ от производства стали (категория 2.C.1.a) пересчитаны в 2018-2022 гг. в связи с корректировкой Росстатом объемов производства стали. Кроме того, Корпорацией «ЧерМет» в 2018 – 2022 гг. откорректированы значения удельного потребления стального и чугунного лома, а также природного газа.
4. Выбросы CO₂ от производства агломерата (категория 2.C.1.d) и от производства окатышей (категория 2.C.1.e) в 1990 – 2017 гг. пересчитаны в связи с корректировкой данных об удельном потреблении топлива и сырья.

В последующих кадастрах выбросов парниковых газов планируются уточнения выбросов CO₂ от категории 2.C.1 в 1990 – 2017 гг. по мере поступления уточненных данных об удельном потреблении топлива и сырья в черной металлургии от Корпорации «ЧерМет». Кроме того, в сотрудничестве с Корпорацией «ЧерМет» планируется выполнить перерасчет выбросов CO₂ от категории 2.C.1.a Производство стали отдельно для каждого вида стали (конвертерная сталь, электросталь и мартеновская сталь) для всего временного ряда.

4.5 Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива (2.D)

4.5.1 Обзор

Для субсектора «Использование растворителей и неэнергетических продуктов» проводилась оценка выбросов CO₂ от использования смазочных материалов и твердых парафинов. Кроме того, по рекомендации группы экспертов по рассмотрению национальных кадастров выбросов выполнена оценка выбросов CO₂ от использования карбамида в системах селективного каталитического восстановления окислов азота в выхлопных газах автомобилей с дизельными двигателями. Результаты оценки представлены в таблице 4.56.

В 2023 г. суммарный выброс CO₂ от субсектора составил 1938 Гг или 70,3% от уровня выбросов 1990 г. Основным источником выбросов CO₂ является использование смазочных материалов (2.D.1) – 93,5% от суммарного выброса от субсектора. Выбросы CO₂ от использования твердых парафинов (2.D.2) и от систем селективного каталитического восстановления (2.D.3) существенно меньше и составляют 3,1% и 3,4% соответственно.

Кроме того, выполнялась оценка выбросов НМЛЮС от производства асфальтовых кровельных покрытий, использования асфальта для дорожных покрытий и использования растворителей.

4.5.2 Методика расчетов.

Выбросы CO₂ от использования смазочных материалов (2.D.1)

Оценка выбросов CO₂ от использования смазочных материалов выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Раздельно оценивались выбросы от смазочных масел и консистентных смазок. Расчеты выполнялись по формуле 5.2 с использованием значений углеродного содержания и коэффициента окисления при использовании (ОПИ) по умолчанию.

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

При оценке выбросов CO₂ от использования смазочных материалов предполагалось, что суммарный объем их потребления в стране равен объему производства – экспорт + импорт. Использовались данные Росстата о производстве смазочных материалов и консистентных смазок. Данные об объемах экспорта и импорта в 1996-2023 гг. получены из базы данных ФТС России. При оценке выбросов предполагалось, что объемы экспорта и импорта в 1990 – 1995 гг. были такими же, как в 1996 г. С 2017 г. данные ФТС России показывают резкий рост и большие межгодовые изменения в объемах экспорта смазочных материалов. В результате этого в 2018 и 2021 гг. рассчитанный объем потребления смазочных материалов в стране становится отрицательным. Для выяснения причин такого изменения объемов экспорта необходим анализ базы данных ФТС России. В текущем кадастре объемы экспорта смазочных материалов в 2017-2023 гг. оцениваются по линейному тренду.

Данные о производстве смазочных материалов, их экспорте и импорте, а также результаты оценки ИГКЭ объемов экспорта в 2017-2023 гг. представлены в таблице 4.54.

Выбросы CO₂ от использования твердых парафинов (2.D.2).

Оценка выбросов CO₂ от использования парафинов выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Расчеты выполнялись по формуле 5.4 с использованием значений углеродного содержания и коэффициента ОПИ по умолчанию

Таблица 4.54

Производство, экспорт и импорт смазочных материалов в России, тыс. тонн

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|-----------------|
| Нефтяные смазочные масла | | | | | | | | | | | | | | | |
| Производство | 4971 | 2550 | 2647 | 2778 | 2719 | 3089 | 3234 | 4084 | 4158 | 4227 | 5318 | 5832 | 4997 | 3956 | 4032 |
| Экспорт ¹⁾ | 504 | 504 | 737 | 1028 | 1399 | 1125 | 1038 | 1695 | 3666 | 4679 | 3050 | 3090 | 6148 | C ²⁾ | C ²⁾ |
| Экспорт (оценка ИГКЭ) | | | | | | | | | 1437 | 1494 | 1550 | 1606 | 1662 | 1121 | 1143 |
| Импорт ¹⁾ | 62 | 62 | 83 | 167 | 327 | 413 | 328 | 335 | 363 | 389 | 364 | 362 | 430 | C ²⁾ | C ²⁾ |
| Смазки пластичные и суспензии для нанесения смазочных покрытий | | | | | | | | | | | | | | | |
| Производство | 41 | 41 | 46 | 33 | 10 | 7 | 3 | 5 | 16 | 19 | 27 | 31 | 31 | 45 | 39 |

1) По данным ФТС России с учетом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС. Данные приведены без учета взаимной торговли с республикой Казахстан за июль-декабрь 2010 г. в связи с отменой таможенного оформления товаров на российско-казахстанской границе с 1 июля 2010 г.

2) Информация является конфиденциальной

При оценке выбросов CO₂ от использования парафинов предполагалось, что суммарный объем их потребления в стране равен объему производства – экспорт + импорт. Использовались данные Росстата о производстве парафинов. Объемы экспорта и импорта в 1996-2023 гг. приводятся по данным ФТС России с учетом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС. При оценке выбросов предполагалось, что объемы экспорта и импорта в 1990 – 1995 гг. были такими же, как в 1996 г. Данные о производстве парафинов, их экспорте и импорте представлены в таблице 4.55.

Таблица 4.55

Производство, экспорт и импорт парафинов в России, тыс. тонн

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|-----------------|
| Производство | 150 | 150 | 196 | 198 | 274 | 191 | 191 | 249 | 251 | 246 | 243 | 253 | 294 | 239 | 103 |
| Экспорт | 12 | 12 | 8,9 | 30 | 25 ¹⁾ | 22 | 20 | 19 | 20 | 21 | 17 | 17 | 22 | C ²⁾ | C ²⁾ |
| Импорт | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 0,6 | 1,0 ¹⁾ | 0,9 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | C ²⁾ | C ²⁾ |

¹⁾ Данные приведены без учета взаимной торговли с Республикой Казахстан за июль – декабрь 2010 г. в связи с отменой таможенного оформления товаров на российско-казахстанской границе с 1 июля 2010 г.

²⁾ Информация является конфиденциальной

Таблица 4.56

Выбросы CO₂ от использования смазочных материалов, твердых парафинов и карбамида, Гг.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Использование смазочных материалов | | | | | | | | | | | | | | |
| 2676 | 1249 | 1182 | 1135 | 972 | 1402 | 1488 | 1607 | 1821 | 1844 | 2440 | 2710 | 2224 | 1899 | 1812 |
| Использование твердых парафинов | | | | | | | | | | | | | | |
| 82 | 82 | 111 | 99 | 147 | 100 | 102 | 136 | 137 | 133 | 134 | 140 | 161 | 136 | 60 |
| Использование карбамида в системах селективного каталитического восстановления | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | 16 | 31 | 42 | 33 | 38 | 41 | 39 | 41 | 43 | 59 | 66 |
| Всего | | | | | | | | | | | | | | |
| 2758 | 1331 | 1293 | 1234 | 1136 | 1534 | 1632 | 1776 | 1995 | 2018 | 2613 | 2890 | 2428 | 2094 | 1938 |

Выбросы CO₂ от использования карбамида в системах селективного каталитического восстановления (2.D.3)

Оценка выбросов CO₂ от использования карбамида в системах селективного каталитического восстановления окислов азота выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Расчеты выполнялись по формуле 3.2.2 (том 2, глава 3). Объем потребления реагента на основе карбамида оценивался как 2% от объема потребления дизельного топлива в автомобилях экологического класса Euro-4, Euro-5 и Euro-6. В автомобилях экологического класса Euro-3 и ниже системы селективного каталитического восстановления не устанавливаются.

В 1990 – 2009 гг. автомобилей экологического класса Euro-4, Euro-5 и Euro-6 в РФ не было, поэтому выбросы CO₂ от этого источника отсутствовали.

В настоящем кадастре выполнен перерасчет всего временного ряда с добавлением данных о выбросах за 2010-2012 гг. в связи с перерасчетом в секторе «Энергетика».

В 2010 – 2023 гг. для расчетов выбросов использовались данные о количестве автомобилей (легковых, тяжелых и легких грузовых автомобилей и автобусов большой и малой вместимости), их среднем годовом пробеге и среднем расходе дизельного топлива на километр пробега. Эти данные соответствуют данным, использованным для расчета выбросов от дорожного транспорта в секторе «Энергетика» (раздел 3.2.4.3.5 настоящего кадастра).

Содержание карбамида в реагенте постоянно и составляет 32,5%. Коэффициенты выбросов определялись на основании стехиометрических соотношений в соответствии с методикой МГЭИК.

Выбросы НМЛОС от производства асфальтовых кровельных покрытий (2.D.3)

Выбросы прямых ПГ от асфальтовых кровельных покрытий весьма незначительны по сравнению с выбросами неметановых летучих органических соединений (IPCC, 2006). Основным источником выбросов НМЛОС при производстве кровельных покрытий является продувка нефтебитума, которая представляет собой процесс полимеризации и стабилизации нефтебитума с целью повышения его устойчивости к атмосферным воздействиям. Окисленный или продутый нефтебитум используется в производстве асфальтовых кровельных покрытий. Выбросы НМЛОС от других стадий процесса изготовления асфальтовых кровельных покрытий (пропитка битумом, нанесение асфальтовых покрытий, обработка поверхности минеральными веществами) существенно меньше и не учитываются в кадастре.

Считается, что весь нефтебитум, используемый не для дорожных покрытий, продувается (IPCC, 1996). Органами государственной статистики РФ в 1990 – 2009 гг. учитывались два типа нефтебитума, используемого не для дорожных покрытий: кровельный нефтебитум и строительный нефтебитум, а в 2010 – 2016 гг. учитывается суммарное количество нефтебитума строительного, кровельного, изоляционного и аналогичного. С 2017 г. Росстат снова учитывает два типа нефтебитума. Суммарные данные об объемах производства приводятся в таблице 4.57.

4. Промышленные процессы и использование продукции (СЕКТОР 2 ОТО)

Для оценки выбросов НМЛОС использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 2,4 кг НМЛОС/тонну окисленного нефтебитума.

Таблица 4.57

Производство битумов нефтяных строительных, кровельных, изоляционных и аналогичных в России, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2987 | 1010 | 1036 | 916 | 719 | 689 | 653 | 683 | 606 | 667 | 618 | 723 | 772 | 613 | 672 |

Выбросы НМЛОС от использования асфальта для дорожных покрытий (2.D.3)

Наиболее широко используемые в производстве дорожных покрытий горячие асфальтовые смеси содержат малое количество летучих углеводородных соединений и поэтому не могут быть значительным источником выбросов НМЛОС при производстве дорожных покрытий. Холодные асфальтобетонные смеси, которые имеют жидкую консистенцию благодаря добавлению в них нефтяных разбавителей и поэтому показывают высокий уровень выбросов НМЛОС за счет испарения разбавителя. С холодными асфальтобетонными покрытиями (разжиженными нефтебитумами) связана большая часть выбросов НМЛОС от использования асфальта для дорожных покрытий.

В кадастре выбросов ПГ оцениваются выбросы только от использования холодных асфальтобетонных смесей для дорожных покрытий.

Органы государственной статистики РФ начали учет производства асфальтобетонных смесей для дорожных и аэродромных покрытий только в 2000 г. Кроме того, отсутствует детализация статистических данных для холодных асфальтобетонных смесей по скорости испарения разбавителя. В этом случае руководством ЕМЕП/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA, 2005) рекомендовано использование коэффициента выбросов для смеси быстрого затвердевания с использованием разбавителя с высокой летучестью, равного 320 кг НМЛОС/тонну холодной асфальтобетонной смеси.

Для оценки объемов производства холодной асфальтобетонной смеси в 1990-1999 гг. использовались данные о производстве нефтебитума дорожного. В 2000-2006 гг. соотношение объемов производства холодных асфальтобетонных смесей и объемов производства нефтебитума составляло от 0,14 до 0,24, в среднем около 0,17. Это значение и было использовано для приближенной оценки объемов производства холодных асфальтобетонных смесей в 1990-1999 гг.

Исходные данные Росстата и результаты оценки объемов производства холодных асфальтобетонных смесей представлены в таблице 4.58.

Таблица 4.58

Производство нефтяного битума дорожного и холодных асфальтобетонных смесей, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон (холодные), тыс.т | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 704 | 535 | 249 | 290 | 295 | 310 | 324 | 173 | 119 | 90 | 77 | 233 | 213 |
| Нефтебитум дорожный жидкий, тыс. т | | | | | | | | | | | | | | |
| 7665 | 3955 | 3785 | 3209 | 4059 | 5033 | 4571 | 5228 | 5691 | 6028 | 6343 | 6803 | 7560 | 7222 | 7391 |
| Оценка объемов производства холодных асфальтобетонных смесей, тыс. т | | | | | | | | | | | | | | |
| 1313 | 677 | | | | | | | | | | | | | |

Выбросы НМЛОС от использования растворителей (2.D.3)

Использование красителей. Выбросы неметановых летучих органических соединений от использования красителей в промышленности, строительстве и домашнем хозяйстве оценивались по упрощенному методу, описанному в руководстве ЕМЕП/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA, 2005). В этом методе используется средний коэффициент выбросов

неметановых летучих органических соединений на душу населения, рассчитанный для европейских стран. Для оценки выбросов НМЛОС от использования красителей использовался коэффициент выбросов, равный 4,5кг НМЛОС /на душу населения/ в год (табл. 8.1.1 руководства ЕМЕП/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 2005) и данные Росстата о численности населения РФ в 1990-2023 гг. (табл. 4.59).

Таблица 4.59

Численность населения России (на начало года)¹⁾, млн. чел.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 147,7 | 148,5 | 146,9 | 143,8 | 142,8 | 144,0 | 146,7 | 147,2 | 147,6 | 147,8 | 147,8 | 147,9 | 147,4 | 147,0 | 146,4 |

¹⁾ С учетом итогов всероссийских переписей населения 2002, 2010 и 2020 гг.; с 2015г. – с учетом Республики Крым и г. Севастополя

Обезжиривание и химическая чистка. Выбросы неметановых летучих органических соединений от использования растворителей для обезжиривания и химической чистки оценивались по упрощенному методу, описанному в руководстве ЕМЕП/CORINAIR (ЕЕА, 2005). В этом методе используется средний коэффициент выбросов неметановых летучих органических соединений на душу населения, рассчитанный для европейских стран. Для оценки выбросов НМЛОС от использования растворителей для обезжиривания и химической чистки использовался коэффициент выбросов, равный 0,85 кг НМЛОС /на душу населения/ в год (табл. 8.1.1 руководства ЕМЕП/CORINAIR) и данные Росстата о численности населения РФ в 1990-2023 гг.

Полиграфическая промышленность, использование клеев и адгезивов, бытовое использование растворителей и прочие виды использования растворителей. Выбросы неметановых летучих органических соединений от этой категории источников оценивались по упрощенному методу, описанному в руководстве ЕМЕП/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (ЕЕА, 2005). Коэффициенты выбросов НМЛОС, использованные в расчетах, приводятся в таблице 4.60.

Таблица 4.60

Коэффициенты выбросов НМЛОС, кг/на душу населения/год

| Область использования | Коэффициент выброса |
|-------------------------------------|---------------------|
| Полиграфическая промышленность | 0,65 |
| Использование клеев и адгезивов | 0,6 |
| Бытовое использование растворителей | 1,8 |
| Прочие применения | 3,6 |

Результаты оценки выбросов НМЛОС от субсектора «Использование растворителей и энергетических продуктов из топлива» представлены в таблицах 4.61 и 4.62.

Таблица 4.61

Выбросы НМЛОС от использования растворителей, Гг

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Использование красителей | | | | | | | | | | | | | | |
| 665 | 668 | 661 | 647 | 643 | 648 | 660 | 662 | 664 | 665 | 665 | 666 | 663 | 662 | 659 |
| Обезжиривание и химическая чистка | | | | | | | | | | | | | | |
| 126 | 126 | 125 | 122 | 121 | 122 | 125 | 125 | 125 | 126 | 126 | 126 | 125 | 125 | 124 |
| Прочие | | | | | | | | | | | | | | |
| 982 | 988 | 977 | 956 | 950 | 958 | 976 | 979 | 982 | 983 | 983 | 984 | 980 | 978 | 974 |
| Всего | | | | | | | | | | | | | | |
| 1772 | 1782 | 1763 | 1726 | 1714 | 1728 | 1760 | 1766 | 1771 | 1774 | 1774 | 1775 | 1769 | 1764 | 1757 |

Таблица 4.62

Выбросы НМЛОС от субсектора «Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива», Гг.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Производство асфальтовых кровельных покрытий | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,2 | 2,4 | 2,5 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 1,5 | 1,6 |
| Использование асфальта для дорожных покрытий | | | | | | | | | | | | | | |
| 420 | 217 | 225 | 171 | 80 | 93 | 94 | 99 | 104 | 55 | 38 | 29 | 25 | 75 | 68 |
| Использование красителей | | | | | | | | | | | | | | |
| 665 | 668 | 661 | 647 | 643 | 648 | 660 | 662 | 664 | 665 | 665 | 666 | 663 | 662 | 659 |
| Обезжиривание и химическая чистка | | | | | | | | | | | | | | |
| 126 | 126 | 125 | 122 | 121 | 122 | 125 | 125 | 125 | 126 | 126 | 126 | 125 | 125 | 124 |
| Прочие | | | | | | | | | | | | | | |
| 982 | 988 | 977 | 956 | 950 | 958 | 976 | 979 | 982 | 983 | 983 | 984 | 980 | 978 | 974 |
| Всего | | | | | | | | | | | | | | |
| 2200 | 2001 | 1991 | 1899 | 1795 | 1822 | 1856 | 1867 | 1876 | 1831 | 1813 | 1806 | 1796 | 1840 | 1826 |

4.5.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2.D оценка неопределенностей выбросов CO₂ проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) для следующих источников:

- использование смазочных материалов;
- использование парафинов.

Использовались формулы расчета неопределенностей от произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; IPCC, 2006).

Неопределенность исходных данных Росстата и ФТС России о производстве, экспорте и импорте смазочных материалов и парафинов составляет 5% (IPCC, 2006). Неопределенность значения углеродного содержания по умолчанию – 5% (IPCC, 2006), неопределенность коэффициента ОПИ по умолчанию – 100% (IPCC, 2006). Неопределенность оценки выбросов CO₂ от использования смазочных материалов и парафинов полностью определяется неопределенностью коэффициента ОПИ и составляет 100%.

4.5.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

В настоящем кадастре выполнен перерасчет всего временного ряда выбросов CO₂ от использования карбамида в системах селективного каталитического восстановления в связи с перерасчетом в секторе «Энергетика».

4.6 Электронная промышленность (2.E)

4.6.1 Обзор

Для этого субсектора проводилась оценка выбросов фторсодержащих соединений, которые используются во многих процессах современной электронной промышленности. Результаты этой оценки представлены в таблице 4.63.

Таблица 4.63

Выбросы фторсодержащих соединений от электронной промышленности, Гг CO₂ экв.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Выбросы фторсодержащих соединений от производства полупроводниковых микросхем и LCD | | | | | | | | | | | | | | |
| NF ₃ | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | 0,13 | 0,09 | 0,53 | 0,16 | 0,18 | 0,01 | 0,99 | 0,74 | 0,77 | 0,31 |
| ПФУ-14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,52 | 0,10 | 0,94 | 1,56 | 6,83 | 5,06 | 2,17 | 5,64 | 7,25 | 7,50 | 7,81 | 5,04 | 9,32 | 2,20 | 2,71 |
| ПФУ-116 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,35 | 0,01 | 0,31 | 0,44 | 0,23 | 0,14 | 0,14 | 0,74 | 0,17 | 0,37 | 1,54 | 1,65 | 2,02 | 0,47 | 0,64 |
| ПФУ-218 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | 0,16 | 1,03 | 1,73 | 1,72 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,16 | 0,16 |
| ПФУ-318с | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,30 | 0,01 | 0,26 | 0,38 | 0,20 | 0,10 | 0,10 | 0,45 | 0,07 | 0,22 | 1,10 | 1,32 | 1,72 | 0,41 | 0,26 |
| ГФУ-23 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 0,28 | 0,21 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| ГФУ-32 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| SF ₆ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,00 | 0,85 | 0,69 | 0,54 | 0,39 | 0,26 | 0,20 | 0,22 | 0,31 | 0,33 | 0,34 | 0,38 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| Итого | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,18 | 1,14 | 3,23 | 4,94 | 9,58 | 6,17 | 3,16 | 8,02 | 8,41 | 9,08 | 11,26 | 9,85 | 14,72 | 4,58 | 4,64 |
| Выбросы фторсодержащих соединений от производства солнечных батарей | | | | | | | | | | | | | | |
| NF ₃ | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | 0,89 | 1,12 | 7,12 | - | - | - | 0,99 | 0,74 | 0,77 | 0,31 |
| ПФУ-14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,52 | 0,02 | 0,46 | 0,66 | 4,70 | 4,54 | 2,45 | 8,09 | 5,51 | 5,79 | 6,77 | 4,26 | 7,54 | 1,78 | 2,30 |
| ПФУ-116 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,35 | 0,01 | 0,31 | 0,44 | 0,23 | 0,14 | 0,14 | 0,74 | 0,17 | 0,37 | 1,54 | 1,65 | 2,02 | 0,47 | 0,64 |
| ПФУ-218 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,22 | 0,22 |
| ПФУ-318с | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,60 | 0,02 | 0,52 | 0,76 | 0,40 | 0,21 | 0,20 | 0,91 | 0,14 | 0,45 | 2,20 | 2,64 | 3,45 | 0,81 | 0,52 |
| ГФУ-23 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 0,28 | 0,21 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| SF ₆ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,00 | 0,85 | 0,69 | 0,54 | 0,39 | 0,26 | 0,20 | 0,22 | 0,31 | 0,33 | 0,34 | 0,38 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| Итого | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,48 | 0,91 | 1,98 | 2,69 | 5,93 | 6,62 | 4,68 | 17,64 | 6,67 | 7,51 | 11,42 | 10,49 | 14,74 | 4,61 | 4,55 |
| Итого выбросы фторсодержащих соединений от электронной промышленности | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,66 | 2,04 | 5,21 | 7,63 | 15,51 | 12,79 | 7,83 | 25,66 | 15,07 | 16,59 | 22,68 | 20,35 | 29,46 | 9,19 | 9,19 |

В 2023 г. выбросы фторсодержащих соединений в электронной промышленности составили 9,19 Гг CO₂-эквивалента.

4.6.2 Методика расчетов

Выбросы от использования фторсодержащих соединений в электронной промышленности (2.E)

Выбросы оценивались по методу уровня 2а МГЭИК (IPCC, 2006) на основе данных и оценок потребления фторсодержащих газов в электронной промышленности на уровне страны. Расчет проводился по формулам 6.2, 6.3 и 6.4 (IPCC, 2006). Использовались коэффициенты выбросов по умолчанию, представленные в таблицах 6.3 и 6.5 (IPCC, 2006). В связи с отсутствием надежных исходных данных для расчета выбросы от производства полупроводниковых микросхем и выбросы от производства LCD оценивались совместно.

Предполагалось, что все производства в электронной промышленности России оборудованы системами снижения и очистки выбросов. Подавляющее большинство предприятий отрасли было модернизировано или построено относительно недавно. Кроме того, при подготовке кадастра выбросов ПФ были получены данные о производственной деятельности крупнейшего предприятия – завода «Микрон», в которых указывалось, что 100% мощностей предприятия, использующих фторсодержащие соединения, оборудованы системами очистки выбросов.

В России отсутствует статистика производства и потребления фторсодержащих соединений. Это существенно осложняет выполнение оценок выбросов, связанных с использованием этих соединений. При подготовке настоящего кадастра был выполнен анализ базы данных ФТС России за 2014 – 2023 гг. Этот анализ, данные, полученные от крупнейшего предприятия отрасли – завода «Микрон», а также оценки, выполненные маркетинговой компанией (Академия конъюнктуры ..., 2007), позволили сделать оценку объемов использования фторсодержащих соединений в электронной промышленности. Эта оценка является предварительной и требует в дальнейшем существенного уточнения.

Весь импортированный в страну трифторид азота используется для производства полупроводников и солнечных батарей. Производство трифторида азота в стране отсутствует. Импорт NF_3 в Россию появился сравнительно недавно, предполагается, что до 2012 г. он отсутствовал. Аналогичным образом, предполагалось, что до 2018 г. включительно весь импортируемый в страну ГФУ-32 использовался в электронной промышленности. С 2019 г. объемы импорта ГФУ-32 существенно возрастают в связи с началом использования его в качестве хладагента. Объемы использования ГФУ-23 и гексафторида серы оценивались на основании данных завода «Микрон», с учетом того факта, что доля его в электронной промышленности России составляет около 21%. Для ряда лет при оценке объемов потребления использовались методы интерполяции и экстраполяции. Предполагалось, что в электронной промышленности России используется 100% ПФУ-218, потребляемого в стране, и 16% ПФУ-318 (Академия конъюнктуры ..., 2007). Данные о потреблении ГФУ и ПФУ в стране представлены в таблицах 4.66 и 4.67. В кадастре выполнена оценка использования CF_4 и C_2F_6 в электронной промышленности. Результаты выполненных оценок использования фторсодержащих соединений в производстве полупроводниковых микросхем, LCD, и солнечных батарей представлены в таблице 4.64.

4.6.3 Оценка неопределенностей

Неопределенность оценки выбросов ПФУ в электронной промышленности может достигать 100%.

4.6.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

В настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов CF_4 и C_3F_8 в 2022 гг. в связи с корректировкой данных о потреблении C_3F_8 .

Таблица 4.64

Использование фторсодержащих соединений в электронной промышленности, кг

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Производство интегральных микросхем и LCD | | | | | | | | | | | | | | |
| NF ₃ | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | 885 | 614 | 3632 | 1078 | 1274 | 66 | 6831 | 5131 | 5335 | 2140 |
| ГФУ-23 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 628 | 467 | 343 | 298 | 279 | 242 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| ГФУ-32 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 274 | 274 | 591 | 591 | 404 | 3456 | 2899 | 126,6 | 2520 | 5177 | 578 | - |
| CF ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | 10426 | 8363 | 3077 | 7502 | 11829 | 11829 | 10355 | 2401 | 8992 | 1128 | 3166 |
| C ₂ F ₆ | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | 30 | 30 | 350 | 143 | 188 | 440 | 200 | 26 | - | 571 |
| C ₃ F ₈ | | | | | | | | | | | | | | |
| | 513 | 3216 | 5402 | 5361 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 100 | 1000 | 500 | 500 |
| C ₄ F ₈ -с | | | | | | | | | | | | | | |
| 3509 | 136 | 3056 | 4430 | 2342 | 1221 | 1182 | 5282 | 818 | 2613 | 12822 | 15363 | 20081 | 4745 | 3021 |
| SF ₆ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1186 | 1004 | 821 | 639 | 456 | 312 | 238 | 260 | 370 | 394 | 400 | 450 | 500 | 500 | 500 |
| Производство солнечных батарей | | | | | | | | | | | | | | |
| NF ₃ | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | 6110 | 7762 | 49169 | - | - | - | 6831 | 5131 | 5335 | 2140 |
| ГФУ-23 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 628 | 467 | 343 | 298 | 279 | 242 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| CF ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | 10426 | 8363 | 3077 | 7502 | 11829 | 11829 | 10355 | 2401 | 8992 | 1128 | 3166 |
| C ₂ F ₆ | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | 30 | 30 | 350 | 143 | 188 | 440 | 200 | 26 | - | 571 |
| C ₃ F ₈ | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | 1342 | 1342 | 1342 | 1342 | 1342 | 1342 | 1342 | 1342 | 673 | 673 |
| C ₄ F ₈ -с | | | | | | | | | | | | | | |
| 3509 | 136 | 3056 | 4430 | 2342 | 1221 | 1182 | 5282 | 818 | 2613 | 12822 | 15363 | 20081 | 4745 | 3021 |
| SF ₆ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1186 | 1004 | 821 | 639 | 456 | 312 | 238 | 260 | 370 | 394 | 400 | 450 | 500 | 500 | 500 |

4.7 Использование фторированных заменителей ОРВ (2.F)**4.7.1 Обзор**

Для этого субсектора проводилась оценка выбросов гидрофторуглеродов и перфторуглеродов, используемых для кондиционирования воздуха и охлаждения (2.F.1), во вспененных пластиках (2.F.2), для противопожарной защиты (2.F.3), в аэрозолях (2.F.4) и в других областях применения (2.F.6). Результаты этой оценки приводятся в таблице 4.65.

Таблица 4.65

Выбросы от использования ГФУ и ПФУ, Гг CO₂-экв.

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|-------------|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Системы кондиционирования воздуха и охлаждения | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-23 | - | - | - | 131,52 | 235,67 | 300,29 | 335,30 | 303,54 | 318,56 | 325,34 | 312,03 | 344,49 | 343,18 | 332,10 | 303,09 |
| ГФУ-32 | - | - | 0,31 | 12,87 | 56,99 | 302,34 | 339,65 | 386,93 | 441,91 | 505,26 | 578,75 | 650,23 | 743,41 | 837,18 | 945,50 |
| ГФУ-125 | - | - | 4,64 | 220,10 | 942,55 | 3045,44 | 3449,02 | 3968,57 | 4557,40 | 5157,53 | 5824,13 | 6394,99 | 7126,79 | 7822,95 | 8696,90 |
| ГФУ-134a | - | 19,21 | 88,72 | 461,17 | 1819,37 | 3641,36 | 3878,52 | 4199,07 | 4576,14 | 5008,99 | 5532,47 | 5771,33 | 5059,29 | 5181,42 | 5646,37 |
| ГФУ-152a | - | - | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| ГФУ-143a | - | - | 6,39 | 308,04 | 1211,91 | 2864,61 | 3263,36 | 3779,92 | 4351,52 | 4881,38 | 5418,76 | 5789,07 | 6319,39 | 6805,58 | 7518,23 |
| Итого ГФУ | - | 19,2 | 100,1 | 1133,7 | 4266,5 | 10154,0 | 11265,9 | 12638,0 | 14245,5 | 15878,5 | 17666,1 | 18950,1 | 19592,1 | 20979,2 | 23110,1 |
| ПФУ-218 | - | - | - | - | - | 5,07 | 6,15 | 9,16 | 9,67 | 11,98 | 12,06 | 12,13 | 10,31 | 13,35 | 11,35 |
| Пенообразователи | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-134a | - | - | 5,06 | 427,40 | 159,09 | 248,79 | 231,77 | 241,37 | 285,55 | 319,58 | 394,95 | 336,06 | 339,43 | 338,18 | 355,48 |
| ГФУ-152a | - | - | - | 38,92 | 45,82 | 57,35 | 42,79 | 71,24 | 52,74 | 81,40 | 140,39 | 126,80 | 121,41 | 89,35 | 76,27 |
| ГФУ-227ea | - | - | - | - | 9,39 | 7,10 | 7,76 | 14,42 | 14,73 | 13,31 | 11,68 | 13,01 | 10,31 | 9,85 | 9,41 |
| ГФУ-245fa | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 20,79 | 22,74 |
| ГФУ-365mcf | | | | | 29,95 | 22,65 | 24,73 | 45,97 | 46,98 | 42,43 | 37,24 | 41,47 | 32,89 | 41,65 | 56,73 |
| Итого ГФУ | - | - | 5,1 | 466,3 | 244,3 | 335,9 | 307,1 | 373,0 | 400,0 | 456,7 | 584,3 | 517,3 | 504,0 | 499,8 | 520,6 |
| Противопожарная защита | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-125 | - | - | 8,59 | 76,61 | 236,18 | 383,63 | 415,24 | 434,48 | 462,75 | 500,69 | 521,65 | 550,52 | 562,07 | 572,95 | 609,55 |
| ГФУ-227ea | - | - | 0,12 | 3,84 | 20,46 | 48,90 | 57,17 | 65,32 | 82,20 | 96,65 | 113,18 | 131,68 | 144,03 | 165,58 | 192,36 |
| Итого ГФУ | - | - | 8,7 | 80,4 | 256,6 | 432,5 | 472,4 | 499,8 | 545,0 | 597,3 | 634,8 | 682,2 | 706,1 | 738,5 | 801,9 |
| ПФУ-318с | 7,03 | 13,75 | 37,98 | 70,31 | 107,29 | 118,50 | 117,71 | 129,15 | 128,21 | 130,88 | 153,95 | 181,65 | 218,24 | 223,38 | 224,97 |

Продолжение таблицы 4.65

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
|--|------------|-------------|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Аэрозоли | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-134а | - | - | 39,53 | 90,25 | 121,93 | 195,62 | 218,98 | 194,61 | 220,72 | 273,92 | 283,93 | 289,08 | 276,07 | 325,60 | 374,58 |
| ГФУ-152а | - | - | - | - | - | 1,41 | 1,45 | 0,28 | 0,08 | 0,03 | 0,00 | - | - | - | - |
| ГФУ-227еа | - | - | - | 28,23 | 80,91 | 157,46 | 170,61 | 185,60 | 277,39 | 346,94 | 349,25 | 396,75 | 361,37 | 398,73 | 552,70 |
| Итого ГФУ | - | - | 39,5 | 118,5 | 202,8 | 354,5 | 391,0 | 380,5 | 498,2 | 620,9 | 633,2 | 685,8 | 637,4 | 724,3 | 927,3 |
| Другие виды использования | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-227еа | - | - | - | 0,19 | 0,96 | 2,14 | 2,52 | 2,87 | 3,79 | 4,37 | 5,13 | 5,98 | 6,38 | 7,52 | 8,80 |
| Итого от использования ГФУ, ПФУ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7,0 | 33,0 | 191,3 | 1869,5 | 5078,5 | 11402,7 | 12562,7 | 14032,5 | 15830,3 | 17700,7 | 19689,5 | 21035,2 | 21674,6 | 23186,2 | 25605,0 |

4. Промышленные процессы и использование продукции (Сектор 2 ОТО)

Выбросы от субсектора «Использование галоидоуглеводородов и гексафторида серы» в 2023 г. составили 25 605 Гг CO₂-эквивалента, что в 3643 раза больше выбросов в этом субсекторе в 1990 г. Основным источником выбросов является «Кондиционирование воздуха и охлаждение» (2.F.1). Его доля в 2023 г. составила 90,3% суммарных выбросов в этом субсекторе. Следующими по значимости источниками выбросов ГФУ и ПФУ являются противопожарная защита, использование ГФУ в аэрозолях и дозированных ингаляторах, а также использование ГФУ во вспененных пластиках, с долей выбросов в 2023 г. 4,0%, 3,6%, 2,0% соответственно.

На долю ГФУ приходится 99,1 % выбросов от субсектора. Доля выбросов ПФУ составляет 0,9%.

4.7.2 Методика расчетов

Оценка выбросов ГФУ, ПФУ в этом субсекторе проводилась на основании данных о потреблении ГФУ и ПФУ в России. Объемы потребления ГФУ и ПФУ рассчитывались по формуле 7.1 (IPCC, 2006). Данные об экспорте, импорте ГФУ (в том числе смесевых хладагентов) и ПФУ в 1996-2023 гг. получены на основании анализа статистических данных внешней торговли РФ. Данные об экспорте, импорте и производстве галоидоуглеводородов приводятся в таблицах 4.66 и 4.67.

Таблица 4.66

Производство, экспорт и импорт ГФУ и ПФУ, т

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------|-------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|
| ГФУ-23 | | | | | | | | | | | | | | | |
| производство | | 0,04 | 0 | 28,61 | 4,89 | 1,88 | 0 | 0 | 10,18 | 9,73 | 3,28 | 23,21 | 25,32 | 14,00 | 16,3 |
| экспорт | | | 4,8 | 0,04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0,12 | 0,37 | 0,03 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| импорт | | | 0 | 18,26 | 62,85 | 55,90 | 71,74 | 16,61 | 44,07 | 39,19 | 28,64 | 48,18 | 19,84 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| ГФУ-125 | | | | | | | | | | | | | | | |
| производство | | | 189,00 | 1222,70 | 234,82 | 8,67 | 0 | 0 | 100,40 | 407,77 | 10,50 | 0 | 0,19 | 0 | 0 |
| экспорт | | | 150,72 | 845,28 | 168,77 | 0 | 1,74 | 0 | 7,12 | 12,61 | 4,63 | 31,99 | 0 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| импорт | | | 0 | 135,08 | 413,71 | 460,42 | 619,59 | 433,29 | 489,16 | 348,68 | 481,69 | 651,46 | 354,67 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| ГФУ-152a | | | | | | | | | | | | | | | |
| производство | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| экспорт | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| импорт | | | 0 | 0 | 260,08 | 318,28 | 239,71 | 455,65 | 318,71 | 540,44 | 962,87 | 871,66 | 832,8 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| ГФУ-227ea | | | | | | | | | | | | | | | |
| производство | 0 | 0 | 0 | 15,40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| экспорт | | | 2,12 | 0 | 0 | 1,09 | 0 | 1,27 | 0 | 0 | 2,38 | 3,05 | 0 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| импорт | | | 0 | 21,30 | 113,11 | 167,87 | 197,00 | 200,00 | 392,71 | 347,03 | 400,02 | 451,37 | 322,19 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| ПФУ-14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| производство | 31,56 | 72,24 | 372,87 | 246,60 | 65,05 | 22,52 | 13,04 | 14,20 | 19,79 | 25,75 | 18,48 | 9,76 | 19,80 | 0 | 0 |
| экспорт | | | 678,46 | 220,29 | 43,87 | 23,16 | 12,13 | 11,84 | 14,69 | 15,98 | 6,51 | 13,85 | 13,91 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| импорт | | | 0,00 | 0,03 | 4,59 | 13,06 | 5,24 | 12,65 | 26,10 | 6,35 | 8,74 | 8,90 | 12,09 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |

Продолжение таблицы 4.66

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------|-------|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|
| ПФУ-218 | | | | | | | | | | | | | | | |
| производство | 5,75 | 0,51 | 17,00 | 16,20 | 87,80 | 40,89 | 33,76 | 18,69 | 10,10 | 1,50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| экспорт | | | 14,18 | 12,27 | 92,23 | 31,06 | 24,37 | 17,35 | 12,14 | 16,85 | 20,81 | 20,38 | 18,53 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| импорт | | | 0,40 | 0,48 | 5,57 | 0,08 | 8,02 | 1,93 | 3,20 | 5,00 | 25,51 | 20,78 | 25,15 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| ПФУ-318с | | | | | | | | | | | | | | | |
| производство | 46,92 | 1,70 | 62,20 | 114,96 | 17,10 | 49,41 | 60,46 | 126,97 | 91,19 | 82,09 | 238,85 | 305,50 | 377,22 | 154,07 | 37,7 |
| экспорт | | | 24,00 | 59,59 | 63,68 | 189,64 | 221,68 | 205,66 | 240,91 | 238,08 | 187,94 | 113,95 | 150,82 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |
| импорт | | | 0 | 0,003 | 32,33 | 170,74 | 160,74 | 165,74 | 159,95 | 188,66 | 109,37 | 0,49 | 24,60 | C ¹⁾ | C ¹⁾ |

¹⁾ Информация является конфиденциальной

Таблица 4.67

Импорт и экспорт галоидоуглеводородов и хладоновых смесей, т

| | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 ¹⁾ |
|------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| ГФУ-134а | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0,07 | 0,20 | 1,05 | 0 | 0,67 | 9,05 | 17,87 | 78,30 | 112,13 | 113,22 | 17,06 |
| импорт | 221,33 | 892,92 | 2333,49 | 3528,67 | 3155,66 | 3256,45 | 3942,46 | 4489,29 | 5694,36 | 4570,88 | 4443,56 |
| ГФУ-143а | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| импорт | 0 | 28,61 | 0 | 0,68 | 0,03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ГФУ-32 | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0,55 | 0,43 | 0,60 | 0,36 | 1,18 | 1,57 | 1,81 | 0,50 |
| импорт | 0 | 2,23 | 0 | 2,14 | 0,03 | 1,01 | 3,82 | 10,08 | 77,48 | 16,59 | 77,96 |
| ГФУ-245fa | | | | | | | | | | | |
| экспорт | | | | | | | | | | | |
| импорт | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-116 | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| импорт | 0,08 | 0 | 0,10 | 0,12 | 0,03 | 0,94 | 0,23 | 0,38 | 0,90 | 0,42 | 0,06 |
| ГФУ-404а | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0,41 | 1,72 | 0 | 0 | 2,20 | 8,52 | 12,56 | 87,43 | 52,28 | 16,20 | 1,52 |
| импорт | 52,75 | 363,74 | 1707,61 | 3255,15 | 3198,25 | 3564,96 | 3668,33 | 4377,09 | 3471,95 | 3702,12 | 3540,67 |
| ГФУ-407с | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,52 | 1,57 | 2,11 | 1,41 | 5,32 | 5,06 | 0,42 |
| импорт | 4,85 | 10,52 | 80,50 | 348,44 | 413,00 | 296,79 | 409,17 | 496,79 | 426,83 | 454,95 | 338,52 |
| ГФУ-410а | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,10 | 1,99 | 8,38 | 52,46 | 36,15 | 16,38 | 0,97 |
| импорт | 0 | 3,15 | 186,83 | 791,43 | 850,03 | 873,02 | 1025,98 | 1317,00 | 1582,89 | 1462,25 | 1356,98 |
| ГФУ-413а | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| импорт | 0 | 0 | 0 | 22,78 | 15,28 | 32,77 | 15,64 | 31,28 | 15,64 | 15,64 | 0 |

| | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 ¹⁾ |
|-------------------------------------|------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| ГФУ-507 | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 9,79 | 15,62 | 12,05 | 27,35 | 21,73 | 48,87 | 4,06 |
| импорт | 2,44 | 12,18 | 165,01 | 931,28 | 1035,33 | 1122,84 | 1149,32 | 1773,22 | 1405,11 | 2000,44 | 1658,14 |
| Смесь ГФУ-365mcf и ГФУ-227ea | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| импорт | 0 | 0 | 285,12 | 110,48 | 104,64 | 283,92 | 222,24 | 127,92 | 55,68 | 94,08 | 0 |
| Смесь ГФУ-365mcf и ГФУ-245fa | | | | | | | | | | | |
| экспорт | | | | | | | | | | | |
| импорт | | | | | | | | | | | |
| Смесь ГФУ-134a и ГФУ-152a | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| импорт | 0 | 0 | 0 | 71,23 | 14,54 | 1,46 | 3,08 | 0,05 | 0,63 | 0 | 0 |
| ГФУ-422d | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| импорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 414,69 | 150,19 | 44,30 |
| MCOOL22 | | | | | | | | | | | |
| экспорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,96 | 10,74 | 0 |
| импорт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 272,90 | 168,82 | 142,95 |

¹⁾ Информация за 2022- 2023 гг. является конфиденциальной

Выбросы ГФУ от систем кондиционирования воздуха и охлаждения (2.F.1)

Использование фторированных заменителей озоноразрушающих веществ в системах кондиционирования воздуха и охлаждения в РФ начинается с 1992-1998 гг. Поэтому в настоящее время в России отсутствуют выбросы, связанные с концом срока службы промышленных холодильных систем и чиллеров, срок службы которых составляет 25 и 23 года. Срок службы автомобильных систем кондиционирования воздуха составляет 12 лет (IPCC, 2006). Поэтому в 2004-2023 гг. учитываются выбросы от утилизации автомобильных систем кондиционирования воздуха. С 2009г. учитываются выбросы, связанные с утилизацией бытовых холодильников, средний срок службы которых – 15 лет и автономных систем коммерческого охлаждения со сроком службы – 13 лет (IPCC, 2006). С 2014 г учитываются выбросы от утилизации стационарных систем кондиционирования воздуха со сроком службы - 15 лет.

Для оценки выбросов ГФУ от систем кондиционирования воздуха и охлаждения использовались методы уровня 1a/b и 2a МГЭИК (IPCC, 2006).

В настоящем кадастре по методу уровня 2a МГЭИК оценивались выбросы ГФУ от бытового холодильного оборудования, стационарных и автомобильных систем кондиционирования воздуха, коммерческого и промышленного охлаждения. Выбросы ГФУ от транспортного холодильного оборудования включены в выбросы ГФУ от промышленного охлаждения. По методу уровня 2a оценивались выбросы наиболее широко используемых в системах охлаждения и кондиционирования воздуха хладагентов: ГФУ-134a, ГФУ-404a, ГФУ-407c, ГФУ-410a, ГФУ-507, а с 2019 г также выбросы от использования новых хладагентов ГФУ-422d MCOOL22, которые используются для замены ГХФУ-22. Доля выбросов, оцененных по методике уровня 2a МГЭИК, составляет около 95% суммарного выброса от систем охлаждения и кондиционирования воздуха.

Выбросы по методу уровня 1a/b МГЭИК оценивались на основании данных о ежегодных объемах потребления ГФУ и хладоновых смесей. Для каждого вещества составлялся банк накопления этого вещества в холодильных системах. При расчетах выбросов использовался коэффициент выбросов по умолчанию – 15% от накопленного банка хладагента, а также значение среднего срока службы оборудования – 15 лет (IPCC, 2006). По методу уровня 1a/b МГЭИК оценивались выбросы смесевых хладагентов ГФУ-401a, b, ГФУ-402a, b, ГФУ-407a, b, ГФУ-408a, ГФУ-413a и др., а также выбросы от используемых в системах промышленного и коммерческого охлаждения хладагентов – ГФУ-23, ГФУ-143a и ГФУ-32.

Для смесевых хладагентов значения выбросов пересчитывались в выбросы ГФУ, входящих в состав смеси, в соответствии с процентным составом смеси. (IPCC, 2006; Стрельцов, Шишов, 2006).

В РФ для производства и обслуживания холодильной техники и оборудования для кондиционирования воздуха в существенных объемах продолжает использоваться ГХФУ-22 и смеси на его основе. Его доля на рынке хладонов для кондиционирования воздуха и охлаждения составляла около 65% (Академия конъюнктуры..., 2007). В настоящее время (с 2012 г.) ГХФУ-22 не используется в производстве новой холодильной техники в соответствии с требованиями Монреальского протокола. В промышленных холодильных системах используется аммиак. С 2020 г. все предприятия по производству бытовых холодильников осуществили переход на выпуск бытовой холодильной техники с использованием углеводородного хладагента R-600a.

Для определения доли ГФУ в этой области применения использовались данные маркетингового исследования, проведенного в 2005 – первом полугодии 2006 гг. (Академия конъюнктуры..., 2007). По данным этого исследования для производства и обслуживания холодильной техники и оборудования для кондиционирования воздуха в 2005-2006 гг. использовалось 60% ГФУ-23 и 100% ГФУ-143a, потребляемого в России. Для расчета выбросов предполагалось, что структура потребления ГФУ-23 и ГФУ-143a оставалась постоянной с 2005г.

По методу уровня 2a МГЭИК (IPCC, 2006) оценивались выбросы от использования ГФУ-134a в бытовых холодильниках российского производства. Использование ГФУ-134a в производстве бытовых холодильников в незначительных количествах начинается в 1995г.

Информация об объемах производства и экспорта бытовых холодильников с ГФУ-134a и о количестве ГФУ-134a, использованного для их производства, собрана на заводах-производителях бытовых холодильников. ГФУ-134a использовался для производства бытовых холодильников на следующих заводах-производителях бытовой холодильной техники: «Аристон-Индезит-Стинол» г. Липецк (ГФУ-134a не используется с 2013 г.), «Бирюса» г. Красноярск (ГФУ-134a не используется с 2009 г.), «СЭПО-ЗЭМ» г. Саратов (не используется с 2020 г.), «Айсберг» г. Смоленск (выпуск холодильников прекращен в 2014 г.), «Океан» г. Уссурийск (выпуск холодильников прекращен в 2020 г.) и с 2008 г. «LG Electronics RUS» Московская область (ГФУ-134a не используется с 2010 г.).

В настоящее время нет информации о хладагентах, использовавшихся для производства для 2-15% (в разные годы) бытовых холодильников в период 1996-2019 гг., от суммарного объема производства бытовых холодильников в России. Для оценки выбросов ГФУ-134a предполагалось, что доля бытовых холодильников с ГФУ-134a для холодильников с отсутствием информации о хладагенте равна доле холодильников с ГФУ-134a для бытовых холодильников, информация о хладагенте для которых имеется. Также учитывалась и доля экспорта бытовых холодильников с ГФУ-134a. Данные об суммарных объемах производства бытовых холодильников в России, объемах производства бытовых холодильников с использованием ГФУ-134a и объемах экспорта бытовых холодильников с ГФУ-134a приводятся в таблице 4.68.

Расчет выбросов ГФУ-134a проводился по методу уровня 2a МГЭИК (IPCC, 2006). Использовались коэффициенты выбросов по умолчанию: 6% – выбросы от обращения с контейнерами, 0,6% – выбросы от первоначальной заправки холодильников при производстве, 0,3% – ежегодные выбросы от накопленного в бытовых холодильниках банка ГФУ-134a и 80% от первоначальной заправки – выбросы при утилизации.

В дополнение к оценке банка ГФУ-134a в бытовых холодильниках, произведенных в России, выполнена оценка банка ГФУ-134a в бытовых холодильниках, импортированных в Россию из других стран. Расчет проводился на основе данных ФТС России, доля холодильников, при производстве которых использовался ГФУ-134a, определялась на основе данных публикаций, национальных докладов о кадастре, интернет-сайтов ведущих поставщиков бытовых холодильников на российский рынок, устных сообщений сотрудников предприятий, выпускающих бытовые холодильники.

В кадастре по методу уровня 2a МГЭИК (IPCC, 2006) оценивались выбросы от использования ГФУ-134a, ГФУ-407с и ГФУ-410a в оборудовании для стационарного кондиционирования воздуха. Использование этих хладагентов в стационарном оборудовании для кондиционирования воздуха в небольших количествах начинается в 1997г. С 2001 г. доля оборудования на ГФУ-134a, ГФУ-407с и ГФУ-410a быстро нарастает. Кроме указанных выше хладагентов в климати-

4. Промышленные процессы и использование продукции (Сектор 2 ОТО)

ческом оборудовании также используется ГХФУ-22. Данные о долях разных типов климатического оборудования на разных хладагентах приводятся в таблице 4.69. Данные приводятся в процентах суммарной мощности соответствующего типа кондиционеров.

Таблица 4.68

Производство бытовых холодильников и морозильников в России, тыс. шт.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Производство бытовых холодильников и морозильников ¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 3773,8 | 1788,6 | 1326,8 | 2778,5 | 3557,1 | 3692,8 | 3116,8 | 3293,5 | 3152,5 | 3420,2 | 3367,92 | 3557,1 | 4086,6 | 2530,5 | 2978,6 |
| В том числе с использованием ГФУ-134a ²⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 7,4 | 806,0 | 1579,7 | 1836,8 | 227,5 | 217,8 | 230,1 | 152,8 | 146,4 | 70,2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Экспорт бытовых холодильников с ГФУ-134a ²⁾ | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 81,0 | 354,8 | 103,8 | 7,9 | 2,8 | 0,3 | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

¹⁾ Данные Росстата

²⁾ Оценка ИГКЭ, основанная на данных производителей

Таблица 4.69

Использование хладагентов в разных типах нового климатического оборудования, %

| | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Мобильные моноблоки | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410a | — | — | 58,0 | 84,0 | 88,0 | 95,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| ГФУ-407c | — | 74,6 | 37,0 | 16,0 | 12,0 | 5,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| ГХФУ-22 | 100,0 | 25,4 | 5,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Бытовые сплит-системы | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410a | 5,8 | 11,6 | 7,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,7 | 99,4 | 99,4 | 94,6 | 91,8 | 84,4 | 81,0 |
| ГФУ-407c | — | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ГФУ-32 | - | - | - | - | - | - | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 5,4 | 8,2 | 15,6 | 19,0 |
| ГХФУ-22 | 94,2 | 88,4 | 93,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Полупромышленные сплит-системы | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410a | — | 7,5 | 13,3 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 97,4 | 79,5 |
| ГФУ-407c | — | 0,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ГХФУ-22 | 100,0 | 91,8 | 86,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ГФУ-32 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,6 | 20,5 |
| Мультисплит-системы | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410a | — | 23,1 | 86,5 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 96,8 | 90,0 | 64,0 | 36,2 |
| ГФУ-407c | — | — | — | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ГХФУ-22 | 100,0 | 76,9 | 13,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ГФУ-32 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3,2 | 10,0 | 36,0 | 63,8 |
| Мини-VRF | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410a | — | 84,2 | 84,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| ГФУ-407c | — | 4,8 | — | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ГХФУ-22 | — | 11,0 | 16,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Компрессорно-конденсаторные агрегаты | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410а | — | — | 61,8 | 73,3 | 76,1 | 82,8 | 82,1 | 83,2 | 84,7 | 84,1 | 87,8 | 88,3 | 93,4 |
| ГФУ-407с | 10,0 | 86,0 | 35,9 | 26,7 | 23,9 | 17,2 | 17,9 | 16,8 | 15,3 | 15,9 | 12,2 | 11,7 | 6,6 |
| ГХФУ-22 | 90,0 | 14,0 | 2,3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Руфтопы | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410а | - | - | 11,6 | 65,6 | 53,2 | 48,6 | 75,7 | 86,8 | 93,0 | 97,8 | 96,3 | 93,7 | 100,0 |
| ГФУ-407с | 5,0 | 88,0 | 88,4 | 34,4 | 46,8 | 51,4 | 24,3 | 13,2 | 7,0 | 2,2 | 3,7 | 6,3 | - |
| ГХФУ-22 | 95,0 | 12,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Прецизионные кондиционеры (классические) | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410а | - | 5,0 | 55,0 | 93,0 | 97,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 97,0 | 93,0 | 91,0 | 88,0 |
| ГФУ-407с | 30,0 | 65,0 | 45,0 | 7,0 | 3,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ГФУ-134а | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3,0 | 7,0 | 9,0 | 12,0 |
| ГХФУ-22 | 70,0 | 30,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Прецизионные кондиционеры (типа сплит) | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410а | - | - | 55,0 | 93,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| ГФУ-407с | 5,0 | 88,0 | 45,0 | 7,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ГХФУ-22 | 95,0 | 12,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Прецизионные кондиционеры (моноблоки) | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410а | - | - | 55,0 | 93,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| ГФУ-407с | 5,0 | 88,0 | 45,0 | 7,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ГХФУ-22 | 95,0 | 12,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Чиллеры | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-410а | — | 0,5 | 26,4 | 32,5 | 34,0 | 36,8 | 48,3 | 50,0 | 47,0 | 56,5 | 50,2 | 68,4 | 53,0 |
| ГФУ-407с | 10,0 | 53,0 | 22,1 | 13,6 | 14,3 | 15,4 | 2,0 | 2,1 | 0,9 | 0,8 | 1,2 | 2,0 | 5,7 |
| ГФУ-134а | 25,0 | 35,7 | 52,2 | 53,8 | 51,7 | 47,7 | 49,7 | 47,9 | 52,1 | 42,8 | 48,7 | 29,6 | 41,3 |
| ГХФУ-22 | 65,0 | 10,8 | 1,3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Климатическое оборудование в России практически не производится, и весь парк этого оборудования представляет собой технику, импортированную из других стран. Объем поставок этого оборудования с учетом его типа и мощности определялся на основании анализа таможенной статистики России. Учитывая зависимость объема заправки оборудования от его типа и мощности, рассчитывались банки ГФУ-134а, ГФУ-407с и ГФУ-410а сформировавшиеся в результате заводской заправки оборудования, дозаправки в процессе монтажа, планового и аварийного обслуживания стационарного оборудования для кондиционирования воздуха.

Использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006): 6% – выбросы от обращения с контейнерами, 0,6% – выбросы от дозаправки оборудования и 6% – ежегодные выбросы от накопленного в климатическом оборудовании банка хладагентов. Для чиллеров использовался ежегодный коэффициент выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), равный 9% от накопленного банка хладагентов. Для ГФУ-407с использовались более высокие значения коэффициентов выбросов (15% – для чиллеров и 9% – для остального оборудования), т.к. эта смесь является неазеотропной и при дозаправке оборудования необходимо сначала удалить весь газ, а затем заправить оборудование новым хладагентом. (IPCC, 2006).

В настоящем кадастре выбросов ПГ выполнен перерасчет выбросов от стационарного оборудования для кондиционирования воздуха в 1998-2022 гг. Перерасчет выполнен в связи с корректировкой данных о деятельности и привел к незначительным изменениям выбросов. Для смесевых хладагентов значения выбросов пересчитывались в выбросы ГФУ-32, ГФУ-125 и ГФУ-134а, входящих в состав смесей, в соответствии с процентным составом. (IPCC, 2006; Стрельцов, 2006).

4. Промышленные процессы и использование продукции (Сектор 2 ОТО)

Оценка выбросов ГФУ-134а от автомобильных кондиционеров проводилась для легковых автомобилей в период с 1992 до 2023 гг. Парк автомобилей с кондиционером на ГФУ-134а оценивался на основе данных ФТС России об импорте новых и подержанных автомобилей, а также на основе данных Росстата о сборке иномарок на территории России. Кроме того, дополнительно учитывались выбросы от импортных кондиционеров, установленных в автомобилях российского производства. В РФ имеется производство автомобильных кондиционеров на ГФУ-134а, которое тоже было учтено при оценке выбросов ГФУ-134а.

Средний срок службы автомобиля принимался равным 12 лет (IPCC, 2006), средний объем ГФУ-134а в системе автомобильного кондиционирования – 0,9 кг (IPCC, 2006).

При расчете затрат ГФУ-134а на обслуживание автомобильных кондиционеров учитывались регулярные дозаправки систем кондиционирования хладагентом на станциях технического обслуживания для восполнения потерь хладагента при утечках. Результаты оценки парка легковых автомобилей с кондиционером на ГФУ-134а и объема использования ГФУ-134а на заправку и обслуживание автомобильных кондиционеров в России представлены в таблице 4.70.

Таблица 4.70

Парк легковых автомобилей с кондиционером на ГФУ-134а и объем использования ГФУ-134а для обслуживания автомобильных кондиционеров в России

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|-------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Парк автомобилей с кондиционером на ГФУ-134а, тыс. шт. | | | | | | | | | | | | | | |
| – | 102,0 | 351,1 | 1738,6 | 7870,2 | 15909,7 | 16900,2 | 17489,8 | 18110,6 | 18604,2 | 18512,8 | 17796,0 | 18621,9 | 17956,4 | 17124,3 |
| Объем затрат ГФУ-134а для обслуживания автомобильных кондиционеров, т | | | | | | | | | | | | | | |
| – | 11,7 | 45,7 | 234,2 | 1483,6 | 3077,35 | 2954,3 | 2945,7 | 3203,9 | 3636,4 | 3641,4 | 3412,2 | 3347,5 | 2640,6 | 2529,5 |

Расчет выбросов ГФУ-134а проводился по методу уровня 2а МГЭИК (IPCC, 2006). Использовались коэффициенты выбросов по умолчанию: 0,35% – выбросы от заправки автомобильных кондиционеров хладагентом, 15% – ежегодные выбросы от накопленного банка ГФУ-134а и 50% – выбросы при утилизации в конце срока службы автомобиля.

В настоящем кадастре выбросов ПГ по методу уровня 2а МГЭИК (IPCC, 2006) оценивались выбросы от использования ГФУ-134а, ГФУ-404а, ГФУ-407с и ГФУ-507 в автономном коммерческом и выносном промышленном холодильном оборудовании. Данные о долях нового коммерческого и промышленного холодильного оборудования на разных хладагентах приводятся в таблице 4.71.

Таблица 4.71

Использование хладагентов в разных типах коммерческого и промышленного холодильного оборудования, %

| | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Автономное коммерческое холодильное оборудование российского производства | | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-404а | – | 2,0 | 17,0 | 64,0 | 67,0 | 76,0 | 78,0 | 80,0 | 79,0 | 80,0 | 79,0 | 80,0 | 84,0 | 86,0 |
| ГФУ-134а | – | 9,0 | 23,0 | 33,0 | 25,0 | 15,0 | 12,0 | 10,0 | 10,0 | 9,0 | 9,0 | 8,0 | 5,0 | 4,0 |
| ГФУ-407с | - | - | - | - | 8,0 | 9,0 | 10,0 | 10,0 | 11,0 | 11,0 | 12,0 | 12,0 | 11,0 | 10,0 |
| ГХФУ-22 | 100 | 89,0 | 60,0 | 25,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Импортное автономное коммерческое холодильное оборудование | | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-404а | - | - | 18,6 | 40,0 | 62,0 | 68,0 | 73,0 | 77,0 | 75,0 | 75,0 | 75,0 | 74,0 | 74,0 | 70,0 |
| ГФУ-134а | - | 26,8 | 75,6 | 58,0 | 31,0 | 23,0 | 16,0 | 10,0 | 9,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 5,0 | 3,0 |
| ГХФУ-22 | 100 | 73,2 | 4,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| ГФУ-507 | - | - | 0,9 | 2,0 | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 13,0 | 16,0 | 18,0 | 18,0 | 19,0 | 21,0 | 27,0 |
| Промышленные системы с выносным холодом | | | | | | | | | | | | | | |
| ГФУ-404а | - | 3,6 | 48,5 | 72,0 | 80,0 | 79,0 | 77,0 | 75,0 | 73,0 | 70,0 | 65,0 | 60,0 | 54,0 | 49,0 |
| ГФУ-134а | 4,0 | 16,0 | 14,0 | 4,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| ГФУ-507 | | | 1,0 | 14,0 | 19,0 | 21,0 | 23,0 | 25,0 | 27,0 | 30,0 | 35,0 | 40,0 | 46,0 | 51,0 |
| ГХФУ-22 | 96,0 | 80,4 | 36,6 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

При расчете выбросов от автономного коммерческого оборудования использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006): 6% – выбросы от обращения с контейнерами, 1,7% – выбросы от первоначальной заправки оборудования и 1,5% – ежегодные выбросы от накопленного банка хладагентов. Средний срок службы оборудования принимался равным 13 лет (IPCC, 2006), средний объем хладагента в системе – 0,28 кг (экспертные данные).

При оценке выбросов от промышленных систем с выносным холодом количество установок, мощности и типы компрессоров определялись на основании анализа промышленной и таможенной статистики РФ. Учитывалась зависимость объема первоначальной заправки компрессора от его типа и мощности. Кроме того, учитывались дозаправки оборудования при авариях и в процессе планового обслуживания холодильного оборудования.

При расчете выбросов от промышленного холодильного оборудования использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006): 6% – выбросы от обращения с контейнерами, 1,7% – выбросы от первоначальной заправки оборудования. Средний срок службы оборудования принимался равным 23 года (IPCC, 2006). Коэффициент ежегодных выбросов от накопленного в оборудовании банка хладагентов принимался равным 7% (экспертные данные).

ГФУ-407с ранее не использовался в этом виде холодильного оборудования. В 2013 г. его, а также ГФУ-404а и ГФУ-507, начинают использовать компании, занимающиеся обслуживанием и ремонтом автономного холодильного оборудования для замены ГХФУ-22, а с 2014 г. эти хладагенты используются для замены ГХФУ-22 и в выносном промышленном холодильном оборудовании. С 2019 г. начинается использование хладагентов ГФУ-422d и MCOOL22 для этих же целей. Это связано с постепенным прекращением использования в холодильном оборудовании ГХФУ-22 в соответствии с решениями, принятыми во исполнение Монреальского протокола. ГФУ-407с, а также ГФУ-404а, ГФУ-507, ГФУ-422d и MCOOL22 используются для замены хладагента в оборудовании, в котором ранее использовался ГХФУ-22.

В настоящем кадастре был выполнен перерасчет выбросов в коммерческом холодильном оборудовании в 2020-2022 гг. в связи с корректировкой данных о деятельности.

Кроме того, был выполнен перерасчет выбросов от промышленного холодильного оборудования в 2014 - 2022 гг. Перерасчет был выполнен в связи с корректировкой данных о деятельности.

Выбросы от использования ГФУ в качестве пенообразователя (2.F.2)

Выбросы от этого приложения оценивались по методу уровня 1а МГЭИК (IPCC, 2006). Предполагалось, что половина ГФУ используется для производства пен с открытыми порами, другая половина – для производства пен с закрытыми порами. Для оценки выбросов от пен с закрытыми порами использовались коэффициенты выбросов по умолчанию, равные 10% от использования ГФУ в текущем году для производства пен с закрытыми порами и 4,5% от банка ГФУ в пенах – ежегодные выбросы от эксплуатации.

Для производства пен используется 8% потребляемого в стране ГФУ-134а (Академия конъюнктуры ..., 2007). Предполагается, что использование ГФУ-134а в качестве пенообразователя началось в 2000 г.

С 2010 г. для производства вспененных пластиков с закрытыми порами используется смесь хладонов ГФУ-365mfc /ГФУ-227ea (93%/7%). Выбросы ГФУ-227ea и ГФУ-365mfc от использования этой смеси учитываются в кадастре. Кроме того, весь потребляемый в стране ГФУ-152a используется для производства монтажной пены.

С 2022 г. для производства вспененных пластиков с закрытыми порами используется смесь хладонов ГФУ-365mfc /ГФУ-245fa (60%/40%) и ГФУ-245fa. Выбросы ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc от использования этой смеси и ГФУ-245fa учитываются в кадастре.

Кроме того, в кадастре выбросов ПГ по рекомендации Группы экспертов РКИК ООН по обзору национальных кадастров выполнен учет выбросов ГФУ от использования импортированных в Россию вспененных пластиков с закрытыми порами. ГФУ-134а может быть использован при производстве следующих вспененных пластиков: экструдированный пенополистирол и жесткий пенополиуретан. Данные о внешней торговле России вспененным полистиролом и пенополиуретаном получены из базы данных ФТС России и приводятся в таблице 4.72. Доля экструдированного пенополистирола в общем объеме внешней торговли вспененным полистиролом составляет около 50% (ABARUS Market Research, 2010).

Таблица 4.72

Внешняя торговля вспененным полистиролом и жестким пенополиуретаном, тонны²⁾

| 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Импорт монтажной пены ¹⁾ | | | | | | | | | | |
| - | 33313 | 51000 | 68970 | 49847 | 42930 | 44965 | 35001 | 38565 | 33420 | 33280 |
| Импорт жесткого пенополиуретана (Код ТН ВЭД ЕАЭС 3921139000 Прочие (кроме гибких) пористые плиты, пленка, листы, полоса из полиуретанов) ¹⁾ | | | | | | | | | | |
| 2008 | 96 | 487 | 1103 | 959 | 873 | 847 | 967 | 983 | 775 | 1029 |
| Экспорт жесткого пенополиуретана (Код ТН ВЭД ЕАЭС 3921139000 Прочие (кроме гибких) пористые плиты, пленка, листы, полоса из полиуретанов) ¹⁾ | | | | | | | | | | |
| 1271 | 1517 | 1206 | 142 | 131 | 201 | 322 | 655 | 1159 | 2599 | 6242 |
| Импорт экструдированного пенополистирола (Код ТН ВЭД ЕАЭС 3921110000 Плиты, листы, пленки, фольга и полоса, пористые из полимеров стирола) ¹⁾ | | | | | | | | | | |
| 6025 | 4164 | 2025 | 3458 | 2020 | 1461 | 1419 | 990 | 1356 | 869 | 858 |
| Экспорт экструдированного пенополистирола (Код ТН ВЭД ЕАЭС 3921110000 Плиты, листы, пленки, фольга и полоса, пористые из полимеров стирола) ¹⁾ | | | | | | | | | | |
| 617 | 1506 | 5408 | 9190 | 11409 | 12082 | 14505 | 14181 | 14452 | 18873 | 16404 |

¹⁾ По данным ФТС России с учетом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС. Данные приведены без учета взаимной торговли с Республикой Казахстан за июль-декабрь 2010 г. в связи с отменой таможенного оформления на российско-казахстанской границе с 1 июля 2010 г.

²⁾ С 2022 г. информация является конфиденциальной

Для производства вспененных пластиков используются различные пенообразователи. Согласно НДК Австрии (2013 г.), доля ГФУ-134а на рынке экструдированного пенополистирола составляла до 2006 г. – 15%. После 2006 г. использование ГФУ в ЕС было запрещено. Учитывая то, что значительная доля импорта поступает в РФ из стран ЕС (более 70% пенополистирола и около 50% пенополиуретана), считаем, что до 2006 г. 20% экструдированного пенополистирола и 10% жесткого пенополиуретана, импортированного в РФ, содержали ГФУ-134а. После 2006 г. доля импортированных вспененных пластиков с ГФУ-134а снижается вдвое. Содержание ГФУ-134а в жестком пенополиуретане составляет 3%, в экструдированном пенополистироле – 6,5% (НДК Австрии, 2013).

Кроме того, оценивались выбросы от использования в России импортной монтажной пены. Предполагалось, что при ее использовании весь содержащийся в ней хладон выбрасывается в окружающую среду. Данные об объемах импорта монтажной пены получены из базы данных ФТС России и представлены в таблице 4.71. При производстве монтажной пены в Европе, откуда преимущественно осуществляется ее импорт в Россию, используются ГФУ-134а и ГФУ-152а, причем с 2007 г. используется только ГФУ-152а. Тогда же существенно сократилась доля рынка монтажной пены, произведенной с использованием хладонов: с 60% до 5% по данным НДК Австрии, 2013 г. Доля фреона в составе монтажной пены – около 3,4%.

Выбросы от использования ГФУ и ПФУ для противопожарной защиты (2.F.3)

В России ГФУ-125, ГФУ-227еа и ПФУ-318 используются для частичной замены озоноразрушающих веществ – галонов в стационарном (затопляющем) противопожарном оборудовании. Оценка выбросов от этого приложения проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) с использованием коэффициента выбросов по умолчанию для затопляющих систем – 2% от накопленных банок ГФУ и ПФУ в противопожарном оборудовании.

Для противопожарной защиты используется 100% потребляемого в стране ГФУ-125, 69% ГФУ-227еа и 84% ПФУ-318 (Академия конъюнктуры ..., 2007).

В кадастре выбросов ПГ по рекомендации Группы экспертов РККИК ООН по обзору национальных кадастров выполнен учет выбросов ГФУ-125 и ГФУ-227еа от использования импортированных в Россию установок автоматического газового пожаротушения.

Данные по внешней торговле системами автоматического газового пожаротушения в 2008 – 2011 гг. взяты из Маркетингового исследования рынка автоматических установок пожаротушения (Research Techart, 2012). В 2008 -2011 г. была определена доля автоматических систем газового пожаротушения в общем объеме внешней торговли огнетушителями (данные ФТС России). Это позволило оценить объемы внешней торговли автоматическими системами газового

пожаротушения в 1997-2007, 2012-2022 гг. До 1997 г. ГФУ-125 и ГФУ-227еа в системах автоматического пожаротушения не используются. Данные о внешней торговле огнетушителями и системами автоматического газового пожаротушения представлены в таблице 4.73.

Таблица 4.73

Внешняя торговля огнетушителями и модулями автоматического газового пожаротушения в России ³⁾

| 2000 | 2005 | 2010 ¹⁾ | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Импорт модулей автоматического газового пожаротушения, шт. | | | | | | | | | | |
| 538 ²⁾ | 338 ²⁾ | 345 | 2930 ²⁾ | 445 ²⁾ | 355 ²⁾ | 112 ²⁾ | 161 ²⁾ | 238 ²⁾ | 128 ²⁾ | 286 ²⁾ |
| Экспорт модулей автоматического газового пожаротушения, шт. | | | | | | | | | | |
| 307 ²⁾ | 259 ²⁾ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Импорт огнетушителей, шт. | | | | | | | | | | |
| 179365 | 675510 | 1344854 | 770942 | 117178 | 93429 | 29579 | 42290 | 62727 | 33722 | 75288 |
| Экспорт огнетушителей, шт. | | | | | | | | | | |
| 153341 | 129508 | 111373 | 325166 | 395488 | 420489 | 437577 | 622274 | 753292 | 851158 | 1031974 |

¹⁾ Данные приведены без учета взаимной торговли с Республикой Казахстан за июль – декабрь 2010 г. в связи с отменой таможенного оформления товаров на российско-казахстанской границе с 1 июля 2010 г.

²⁾ Оценка по общему объему внешней торговли огнетушителями

³⁾ С 2022 г. информация является конфиденциальной

Доля ГФУ-систем (40%), в том числе доля заполненных ГФУ-систем (25%), определялась на основе анализа случайной выборки таможенных сделок 2011 г. Средний объем модуля системы (80 литров) и коэффициенты заполнения (0,929 для ГФУ-125 и 1,15 для ГФУ-227еа) получены на сайтах компаний-импортеров систем автоматического газового пожаротушения.

Выбросы от использования ГФУ в аэрозолях (2.Ф.4)

Выбросы оценивались по методу уровня 1а МГЭИК (IPCC, 2006). Выбросы происходят в течение двух лет после производства: 50% – в первый год и 50% – во второй год.

В России в аэрозолях используется 28% потребляемого в стране ГФУ-227еа (Академия конъюнктуры ..., 2007)

В кадастре выбросов ПГ с 2012г. по рекомендации группы экспертов по рассмотрению выполняется оценка выбросов от использования импортных дозированных ингаляторов больными бронхиальной астмой. Выпускаемый в России дозированный ингалятор для лечения астмы – «Сальбутамол» производился с использованием ГХУ – 11,12 (информация получена в 2010г. от производителей «Сальбутамола» – фармацевтических компаний «Алтайвитамины» и «Мосхимпрепараты»).

При подготовке кадастра был выполнен анализ данных ФТС. Этот анализ показал, что, начиная с 2014 г., фармацевтическая промышленность РФ постепенно переходит на использование ГФУ-134а. В таблице 4.74 приводятся данные об использовании ГФУ-134а для фармацевтической промышленности.

Таблица 4.74

Импорт ГФУ-134а и смесей ГФУ-134а и ГФУ-152а для использования в аэрозолях различного назначения, тонны²⁾

| 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Использование ГФУ-134а для фармацевтической промышленности | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 0,01 | 1,86 | 22,50 | 48,72 | 66,66 | 60,51 | 75,49 | 47,78 |
| Использование ГФУ-134а в аэрозолях для очистки и охлаждения электроники | | | | | | | | | | |
| 0,46 ¹⁾ | 1,87 ¹⁾ | 4,89 ¹⁾ | 8,01 | 10,23 | 0,85 | 12,05 | 3,33 | 17,75 | 2,46 | 11,00 |
| Импорт ГФУ-134/ГФУ-152а (85/15) для очистки и охлаждения электроники | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 50,36 | 10,84 | 0,16 | 3,08 | 0,05 | 0,63 | - | - |
| Импорт ГФУ-134/ГФУ-152а (52/48) для очистки и охлаждения электроники | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 20,87 | 3,70 | 1,31 | - | - | - | - | - |

¹⁾ Оценка ИГКЭ

²⁾ С 2022 г. информация является конфиденциальной

Импорт дозированных ингаляторов не учитывается таможенной статистикой РФ, поэтому оценки выбросов были выполнены на основе данных о количестве больных бронхиальной астмой. Количество больных с диагнозом бронхиальная астма в России – около 7 млн. человек, но только 1 млн. человек из них больны серьезно и получают постоянное лечение (Цой, Архипов, 2007). Предполагалось, что доля больных, использующих импортные препараты с ГФУ-134а, увеличивалась с 0% в 1996 до 50% в 2008 г. При подготовке кадастра выбросов ПГ 2021 г. оценка доли больных, использующих импортные ингаляторы была увеличена с 50% в 2008-2011 гг. до 60% в 2012 – 2014 гг., 70% - в 2015 – 2017 гг., 80% - в 2018 – 2021 гг. и 50% в настоящее время. Такое увеличение доли больных, использующих импортные препараты, было сделано, в связи с тем, что предыдущая оценка (50%) в настоящее время представляется заниженной.

Больные используют один дозированный ингалятор объемом 10 мл в месяц. Такой дозированный ингалятор содержит 15г ГФУ-134а (НДК Германия, 2010 г).

Анализ таможенной статистики показал, что аэрозоли, содержащие ГФУ-134а или смеси ГФУ-134а с ГФУ-152а в значительном количестве используются для очистки и охлаждения в процессе ремонта и диагностики электронных устройств. Данные об импорте ГФУ-134а и смесей ГФУ-134а с ГФУ-152а в аэрозолях для этих целей приводятся в таблице 4.74. Для периода 1996 – 2013 гг. подробная таможенная статистика недоступна. Объем использования ГФУ-134а в аэрозолях для этого периода оценивался по средней доле импорта ГФУ-134а, которая использовалась в этих целях в 2014 – 2019 гг.

Начиная с 2021г. в национальном кадастре выполняется оценка выбросов ГФУ-134а и ГФУ-152а от этого источника. Выбросы оцениваются по методу уровня 1а МГЭИК (IPCC, 2006).

Выбросы от использования ГФУ в качестве растворителей (2.F.5)

Наиболее часто используемые в качестве растворителей вещества: ГФУ-43-10mее, ГФУ-365mfc, ГФУ-245fa и гептафторциклопентан в РФ не производятся.

Анализ таможенной информации в 2014 – 2020 гг. показал, что импорт ГФУ-43-10mее, ГФУ-365mfc и гептафторциклопентана в указанный период времени отсутствовал. В небольших количествах импортировался ГФУ-245fa. Объем его импорта составлял от 0 до 1000 кг/год. Если предположить, что весь импортированный ГФУ-245fa был использован в качестве растворителя, то объем выбросов ГФУ-245fa от этого источника в 2014 – 2018 гг. составил от 0 до 1,03 Гг CO₂-эквивалента, что составляет менее 0,00005% от суммарного выброса ПГ в РФ в 2017 – 2021 гг. без учета сектора «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство». Таким образом, этот источник выбросов в соответствии с параграфом 37b пересмотренных «Руководящих принципов для подготовки национальных сообщений Сторон, включенных в приложение I к Конвенции, часть I: руководящие принципы РКИК ООН для представления информации о годовых кадастрах парниковых газов» (РКИК ООН, 2014) может рассматриваться как незначительный.

Выбросы от других областей использования ГФУ и ПФУ (2.F.6)

По данным маркетингового исследования в других областях используется 3% ГФУ-227ea и 40% ГФУ-23 (Академия конъюнктуры ..., 2007). Предполагается, что ГФУ-227ea используется в низкоэмиссионных приложениях, а ГФУ-23 скорее всего используется в качестве сырья для органического синтеза.

Оценка выбросов от использования ГФУ-23 в качестве сырья не проводилась, так как отсутствует методика расчета выбросов для такого вида использования ГФУ.

При расчете выбросов от использования ГФУ-227ea использовались коэффициенты выбросов по умолчанию – 1% от ежегодного потребления ГФУ-227ea в этой области использования (выбросы при производстве) и 2% от накопленного банка ГФУ-227ea (ежегодные утечки) (IPCC, 2000).

4.7.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2.F оценка неопределенностей выбросов ГФУ и ПФУ проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) для следующих источников:

- использование заменителей ОРВ в охлаждении и кондиционировании воздуха (метод уровня 2a);
- использование заменителей ОРВ для вспенивания (метод уровня 1a/b);

- использование заменителей ОРВ для противопожарной защиты (метод уровня 1a/b);
- использование заменителей ОРВ в аэрозолях (метод уровня 1a/b);
- использование заменителей ОРВ в других областях (метод уровня 1a/b).

Использовались формулы расчета неопределенностей от суммы и произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; IPCC, 2006).

Предполагалось, что для разгруппированных методов (метод уровня 2a) неопределенность данных о деятельности составляет 5%, неопределенность коэффициентов выбросов и других параметров расчета может достигать 25%. Для данных о деятельности, сгруппированных на уровне приложения, неопределенность составляет 10%, а неопределенность коэффициентов выбросов и других параметров расчета – 50%.

И в том, и в другом случае неопределенность оценки выбросов определяется значением неопределенности коэффициентов выбросов и других параметров расчета. Для оценок по методу уровня 2a неопределенность составляет 25%, а для оценок по методу уровня 1a/b – 50%.

4.7.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

В настоящем кадастре выбросов ПГ выполнены следующие перерасчеты:

- Перерасчет выбросов ГФУ от стационарных установок кондиционирования воздуха в 1998 – 2022 гг. Перерасчет выполнен в связи с коррекцией данных о деятельности;
- Перерасчет выбросов от коммерческого (2020-2022 гг.) и промышленного (2014 - 2022 г.) холодильного оборудования. Перерасчет выполнен в связи с корректировкой данных о деятельности;

4.8 Производство и использование других продуктов (2.G)

4.8.1 Обзор

Для субсектора «Производство и использование других продуктов» проводилась оценка выбросов SF₆ от электрооборудования, военных приложений и ускорителей частиц, а также выбросов N₂O от использования N₂O в анестезии.

Результаты оценки представлены в таблице 4.75.

В 2023 г. суммарный выброс ПГ от субсектора составил 1406 Гг или 179 % от уровня выбросов 1990 г. Рост выбросов связан с существенным ростом использования элегазового электрооборудования в энергетике.

Основным источником выбросов ПГ в субсекторе является использование N₂O в анестезии (2.G.3a) – 37,7% от суммарного выброса от субсектора. Доля выбросов от использования SF₆ в электрооборудовании (2.G.1) составляет – 27,2%. Доля выбросов от использования SF₆ в ускорителях частиц (2.G.2.b) в 2023 г. составила 35,2%.

Таблица 4.75

Выбросы парниковых газов от производства и использования других продуктов, Гг CO₂ – экв.

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Выбросы SF ₆ от электрооборудования | | | | | | | | | | | | | | |
| 57,8 | 62,7 | 67,9 | 113,8 | 167,0 | 185,5 | 208,9 | 261,7 | 312,5 | 304,5 | 322,7 | 349,0 | 403,0 | 389,4 | 382,1 |
| Выбросы SF ₆ от военных приложений | | | | | | | | | | | | | | |
| NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| Выбросы SF ₆ от ускорителей частиц | | | | | | | | | | | | | | |
| 249,0 | 251,7 | 262,5 | 275,3 | 361,1 | 385,2 | 348,6 | 346,3 | 321,7 | 338,9 | 338,8 | 365,7 | 386,9 | 399,3 | 494,8 |
| Выбросы N ₂ O от использования N ₂ O в анестезии | | | | | | | | | | | | | | |
| 480,1 | 437,4 | 447,0 | 454,7 | 482,9 | 507,0 | 514,4 | 519,2 | 517,6 | 521,6 | 524,7 | 414,7 | 444,0 | 491,7 | 529,5 |
| Всего | | | | | | | | | | | | | | |
| 786,9 | 751,8 | 777,5 | 843,8 | 1011,1 | 1077,7 | 1071,9 | 1127,2 | 1151,8 | 1164,9 | 1186,2 | 1129,4 | 1233,9 | 1280,4 | 1406,4 |

4.8.2 Методика расчетов

Выбросы SF_6 от использования гексафторида серы в электротехническом оборудовании (2.G.1)

Выбросы оценивались по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) на основе данных о суммарной паспортной емкости элегазового электротехнического оборудования.

Учитывались выбросы от производства элегазового оборудования, а также от использования этого оборудования в сетевых и генерирующих компаниях в электроэнергетике, нефтегазовом секторе, а также в черной металлургии при производстве стали в электропечах. Выбросы от удаления оборудования в отходы отсутствуют, т.к. элегазовое электрооборудование используется в стране с 1989 г., и срок его эксплуатации не превышает 35 лет (IPCC, 2006).

С учетом того, что в стране преимущественно производится и используется герметизированное элегазовое оборудование, для оценки выбросов использовались следующие коэффициенты выбросов по умолчанию МГЭИК:

- 0,07 т/т для расчета выбросов от производства электротехнического оборудования;
- 0,01 т/т до 2011 г. и 0,005 т/т после 2012 г. в соответствии с установленными в стране нормами утечек гексафторида серы из электротехнического оборудования.

Данные о производстве элегазового электротехнического оборудования предоставлены предприятиями-производителями и представлены в таблице 4.76. В 2022 – 2023 гг. данные не предоставлялись, в таблице представлена выполненная по тренду оценка ИГКЭ.

Данные по общему количеству SF_6 в оборудовании, собранные Министерством промышленности и энергетики РФ (2001-2006 гг.), Минэнерго России в 2007-2023 гг., полученные в результате интерполяции (1990-2000) приводятся в таблице 4.76. В 2023 г. Минэнерго предоставило данные о суммарной паспортной емкости элегазового оборудования, используемого в нефтегазовом секторе РФ. Данные о суммарной паспортной емкости элегазового оборудования на атомных электростанциях получены от ОАО «Концерн Росэнергоатом».

На основании данных об использовании SF_6 в элегазовом электрооборудовании на Оскольском электрометаллургическом комбинате выполнена оценка объемов использования элегаза в черной металлургии. Все полученные данные представлены в таблице 4.76.

Таблица 4.76

Общее количество SF_6 в электротехническом оборудовании, т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Производство элегазового электротехнического оборудования | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 8,73 | 12,53 | 23,42 | 32,04 | 55,55 | 65,19 | 56,43 | 46,17 | 34,14 | 57,40 | 57,40 | 48,0 |
| Использование элегазового электротехнического оборудования | | | | | | | | | | | | | | |
| Электроэнергетика: сетевые и генерирующие компании | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,2 | 25,0 | 45,8 | 177,0 | 297,4 | 516,5 | 533,0 | 615,4 | 909,4 | 962,6 | 1255,5 | 1487,5 | 1620,6 | 1514,7 | 1573,2 |
| Нефтегазовый сектор (2000 – 2019 гг., 2021-2022 гг. оценка ИГКЭ) | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | 0,4 | 1,5 | 2,5 | 4,4 | 4,5 | 5,2 | 7,7 | 8,2 | 10,7 | 12,7 | 12,7 | 12,8 | 13,2 |
| Оскольский Электрометаллургический Комбинат | | | | | | | | | | | | | | |
| 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,6 | 16,9 | 16,9 | 16,9 | 16,9 | 16,9 | 16,9 | 16,9 | 16,9 | 16,9 | 16,9 |
| АЭС ОАО «Концерн Росэнергоатом» | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | 0,1 | 1,6 | 22,6 ¹⁾ | 77,2 | 138,4 | 176,1 | 176,7 | 177,4 | 180,7 | 188,6 | 189,3 | 179,6 | 190,4 |

Выбросы SF_6 от использования гексафторида серы в военных приложениях (2.G.2.a)

Выбросы в данной категории источников отсутствуют ввиду того, что в аппаратуре эксплуатируемых в России самолетов дальнего радиолокационного обнаружения и управления (ДРЛОиУ) гексафторид серы не используется. В связи с этим в настоящем кадастре для выбросов SF_6 в период 1990 - 2023 гг. используется условное обозначение NO (не происходят).

Выбросы SF_6 от использования гексафторида серы в ускорителях частиц (2.G.2.b)

Оценка выбросов SF_6 от использования гексафторида серы в ускорителях частиц выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006).

В расчетах использовались приведенные в таблице 4.77 данные о количестве ускорителей частиц в научно-исследовательских и учебных институтах, в промышленности и в медицине в 2007 - 2015, 2018 - 2022 гг., которые представлены в официальных публикациях Роспотребнадзора (Федеральная служба, 2008 -2016, 2019- 2023). Данные о количестве ускорителей в 1990 - 2006 гг. отсутствуют и для оценки выбросов оцениваются на основе интерполяции и экстраполяции имеющихся данных. В связи с отсутствием данных о деятельности выбросы гексафторида серы в 2016 - 2017 гг. оценивались методом интерполяции. В 2024 г. официальная публикация Роспотребнадзора не получена и значения количества ускорителей в 2023 г. принято равными значениям количества ускорителей в 2022 г.

Таблица 4.77

Количество научно-исследовательских, учебных, промышленных и медицинских ускорителей частиц в России.

| | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Научно-исследовательские и учебные ускорители | 205 | 212 | 187 | | | 180 | 179 | 202 | 201 | 221 | 212 |
| Промышленные ускорители | 170 | 195 | 189 | | | 186 | 187 | 180 | 219 | 192 | 390 |
| Медицинские ускорители | 71 | 129 | 97 | | | 139 | 171 | 200 | 255 | 301 | 282 |

При оценке выбросов от научно-исследовательских и учебных ускорителей использовались коэффициент использования гексафторида серы в ускорителях по умолчанию, равный 0,33, среднее содержание SF_6 в аппаратуре по умолчанию, равный 2400 кг, и коэффициент выбросов по умолчанию, равный 0,07 кг/кг (IPCC, 2006).

При оценке выбросов от ускорителей, применяемых в промышленности и в медицине, использовались средние значения содержания гексафторида серы в оборудовании и коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006). Значения по умолчанию представлены в таблице 4.78. Предполагалось, что в половине промышленных ускорителей и во всех медицинских использовался гексафторид серы.

Таблица 4.78

Значения по умолчанию, используемые для расчетов выбросов от промышленных и медицинских ускорителей частиц

| | Промышленные ускорители | | Медицинские ускорители |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|------------------------|
| | высоковольтные | низковольтные | |
| Средний заряд SF_6 в ускорителе, кг | 1300 | 115 | 0,5 |
| Коэффициент выбросов, кг/кг | 0,07 | 0,013 | 2,0 |

Выбросы N_2O от использования N_2O в анестезии (2.G.3a)

Выбросы оценивались исходя из предположения, что весь использованный в медицине N_2O выделяется в атмосферу в ходе проведения наркоза. Таким образом, выброс N_2O равен его потреблению. Данные об использовании N_2O не собираются статистикой, поэтому для проведения оценки, использовались данные о ежегодной потребности медицинских учреждений в N_2O , предоставленные Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации для 1997-2000 гг. Для тех лет, для которых эти данные отсутствуют, потребность в N_2O оценивалась исходя из количества сделанных хирургических операций (принималось, что потребность в N_2O пропорциональна общему числу хирургических операций, выполненных в медицинских стационарах). Число операций за 1990 – 2023 гг. представлено по данным Министерства здравоохранения Российской Федерации по форме федерального статистического

4. Промышленные процессы и использование продукции (Сектор 2 ОТО)

наблюдения № 14 «Сведения о деятельности подразделений медицинской организации, оказывающих медицинскую помощь в стационарных условиях» (табл. 4.79).

Таблица 4.79

Количество хирургических операций, выполненных в медицинских стационарах, в Российской Федерации, тыс. операций

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 9223 | 8403 | 8587 | 8735 | 9277 | 9740 | 9882 | 9974 | 9943 | 10020 | 10080 | 7966 | 8530 | 9446 | 10173 |

4.8.3 Оценка неопределенностей

Неопределенность оценки выбросов SF₆ от использования гексафторида серы в электротехническом оборудовании оценивается в пределах $\pm 60\%$.

Неопределенность оценки выбросов N₂O от использования N₂O в анестезии оценивается в пределах $\pm 40\%$.

4.8.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

4.9 Другие производства (2.Н)

4.9.1 Обзор

В субсекторе «Другие производства», в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 1996), оценивались выбросы неметановых летучих органических соединений в целлюлозно-бумажной (2.Н.1), пищевой промышленности и в производстве алкогольных напитков (2.Н.2). Результаты представлены в таблице 4.80.

Кроме того, оценивались выбросы NO_x, CO и SO₂ от целлюлозно-бумажной промышленности.

Таблица 4.80

Выбросы неметановых летучих органических соединений от целлюлозно-бумажной, пищевой промышленности и производства алкогольных напитков, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Пищевая промышленность | | | | | | | | | | | | | | |
| 206,3 | 127,1 | 139,8 | 129,4 | 113,5 | 117,0 | 122,2 | 124,0 | 129,2 | 124,0 | 132,7 | 116,6 | 119,2 | 121,3 | 128,1 |
| Производство алкогольных напитков | | | | | | | | | | | | | | |
| 210,9 | 185,8 | 187,2 | 203,2 | 166,1 | 119,8 | 110,8 | 128,0 | 138,1 | 137,1 | 146,7 | 142,6 | 146,9 | 154,4 | 145,1 |
| Целлюлозно-бумажная промышленность | | | | | | | | | | | | | | |
| 17,3 | 10,8 | 14,2 | 17,5 | 17,7 | 19,0 | 19,9 | 20,6 | 21,0 | 21,5 | 20,4 | 22,2 | 21,9 | 21,5 | 21,1 |
| Суммарный выброс НМЛОС | | | | | | | | | | | | | | |
| 434,6 | 323,7 | 341,2 | 350,1 | 297,2 | 255,7 | 252,8 | 272,5 | 288,4 | 282,6 | 299,8 | 281,5 | 288,0 | 297,2 | 294,4 |

4.9.2 Методика расчетов

Выбросы НМЛОС NO_x, CO и SO₂ от целлюлозно-бумажной промышленности (2.Н.1)

Оценка выбросов НМЛОС, NO_x, CO и SO₂ от целлюлозно-бумажной промышленности проводилась по методике МГЭИК (IPCC, 1996). В расчетах использовались статистические данные об объемах производства целлюлозы, а также данные об объемах производства целлюлозы способом сульфатной варки, полученные из базы данных Росстата. Данные о производстве целлюлозы приводятся в таблице 4.81.

Таблица 4.81

Производство целлюлозы в России, тыс. т

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Производство целлюлозы | | | | | | | | | | | | | | |
| 7525 | 4197 | 4960 | 6001 | 5687 ¹⁾ | 5997 | 6293 | 6538 | 6625 | 6800 | 6468 | 7100 | 7031 | 6910 | 6761 |
| В т.ч. по способу сульфатной варки | | | | | | | | | | | | | | |
| 4689 | 2917 | 3833 | 4731 | 4772 ²⁾ | 5135 | 5365 | 5555 | 5671 | 5815 | 5515 | 6012 | 5922 | 5819 | 5707 |

¹⁾ С 2010г. целлюлоза древесная и целлюлоза из прочих волокнистых материалов без массы древесной (термомеханической и прочей)

²⁾ С 2010г. целлюлоза древесная натронная или сульфатная, кроме растворимых сортов.

Используются коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 1996) (таблицы 2.23, 2.24), равные: 1,5 кг NO_x/тонну сухой целлюлозы, 3,7 кг НМЛОС/ тонну сухой целлюлозы, 5,6 кг СО/ тонну сухой целлюлозы и 7 кг SO₂/ тонну сухой целлюлозы для сульфатного способа варки целлюлозы. Для сульфитного процесса коэффициент выбросов SO₂ равен 30 кг/ тонну сухой целлюлозы.

Выбросы НМЛОС в пищевой промышленности и производстве алкогольной продукции (2.Н.2)

Для пищевой промышленности проводилась оценка выбросов НМЛОС от производства сахара, маргарина, мяса, птицы, рыбы, хлеба и хлебобулочных изделий. В расчетах использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (табл. 2.26 Руководства (IPCC, 1996)). Оценка проводилась на основе объемов производства пищевой продукции по статистическим данным (Российский статистический ежегодник, 1998, 2004 – 2023). Данные Росстата об объемах производства в пищевой промышленности приводятся в таблице 4.82. Коэффициенты выбросов НМЛОС в пищевой промышленности приводятся в таблице 4.83.

Таблица 4.82

Производство отдельных видов пищевой продукции в России

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Сахар-песок и сахар-рафинад/с 2010г. сахар белый свекловичный и тростниковый в твердом и жидком состояниях/с 2017г. сахар белый свекловичный или тростниковый и химически чистая сахароза в твердом состоянии без вкусоароматических или красящих добавок, тыс.т | | | | | | | | | | | | | | |
| 4835 | 3281 | 6148 | 5643 | 4755 | 5277 | 5748 | 6051 | 6665 | 6273 | 7264 | 5796 | 5931 | 6097 | 6667 |
| Товарная пищевая рыбная продукция, включая консервы рыбные/с 2010г. рыба и продукты рыбные переработанные и консервированные/с 2017г. рыба переработанная и консервированная, ракообразные и моллюски, млн.т | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,3 | 2,4 | 3,0 | 3,4 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,5 |
| Мясо, включая субпродукты 1 категории/с 2010г. мясо и субпродукты пищевые убойных животных и домашней птицы/с 2017г. мясо и субпродукты – всего, тыс. т | | | | | | | | | | | | | | |
| 6484 | 2370 | 1194 | 1857 | 3957 | 5971 | 6631 | 7063 | 7791 | 8142 | 8261 | 8644 | 8919 | 9394 | 9751 |
| Колбасные изделия/с 2017г. изделия колбасные, включая изделия колбасные для детского питания, тыс. т | | | | | | | | | | | | | | |
| 2283 | 1293 | 1052 | 2014 | 2439 | 2475 | 2445 | 2436 | 2259 | 2282 | 2282 | 2355 | 2448 | 2411 | 2481 |
| Мясные полуфабрикаты/с 2010г. полуфабрикаты мясные (мясосодержащие) охлажденные, замороженные и замороженные/с 2017г. полуфабрикаты мясные, мясосодержащие, охлажденные, замороженные, тыс. т | | | | | | | | | | | | | | |
| 1075 | 268 | 244 | 987 | 1624 | 2736 | 2915 | 3076 | 3060 | 3275 | 3658 | 4175 | 4287 | 4396 | 4727 |

Продолжение таблицы 4.82

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Консервы мясные и мясорастительные/с 2010г. консервы мясные (мясосодержащие) и мясорастительные/с 2017г. консервы мясные (мясосодержащие), включая консервы для детского питания, млн. усл. банок (1 усл. банка = 353 мл)</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 545 | 348 | 508 | 674 | 671 | 746 | 649 | 601 | 647 | 603 | 669 | 736 | 643 | 838 | 896 |
| <i>Маргариновая продукция/с 2017г. Маргарин, тыс. т</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 808 | 198 | 462 | 642 | 437 | 512 | 526 | 495 | 533 | 487 | 451 | 442 | 456 | 452 | 451 |
| <i>Хлеб и хлебобулочные изделия, включая полуфабрикаты, млн. т</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 18,2 | 11,3 | 9,0 | 8,0 | 7,3 | 6,8 | 6,8 | 6,7 | 6,5 | 6,4 | 6,2 | 6,0 | 6,2 | 6,2 | 6,3 |

Оценка выбросов НМЛОС от производства алкогольных напитков проводилась по методике МГЭИК (IPCC, 1996). Оценка проводилась на основе данных об объемах производства различных видов алкогольных напитков: пива, виноградного, плодово-ягодного и шампанского вина, коньяка (бренди), ликероводочных (крепких) напитков (Российский статистический ежегодник, 1998, 2004 – 2018). С 2017 г используются данные об объемах производства алкогольных напитков Федеральной службы по регулированию алкогольного рынка (Росалкогольрегулирование). Коэффициенты эмиссии НМЛОС для каждого вида алкогольных напитков взяты из таблицы 2.25 «Пересмотренных Руководящих принципах национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК, 1996» (IPCC, 1996). Данные об объемах производства алкогольных напитков в РФ в 1990-2023 гг. приводятся в таблице 4.84.

Таблица 4.83

*Коэффициенты выбросов НМЛОС в пищевой промышленности
и производстве алкогольной продукции*

| Продукция | Коэффициент выброса |
|---|---------------------|
| Пиво, кг /гектолитр | 0,035 |
| Вино, кг /гектолитр | 0,080 |
| Коньяк, кг /гектолитр | 3,50 |
| Водка и ликероводочная продукция, кг /гектолитр | 15,0 |
| Сахар, кг/т | 10,0 |
| Мясо и рыба, кг /т | 0,30 |
| Маргарин, кг/т | 10,0 |
| Хлеб, кг/т | 8,00 |

Таблица 4.84

Производство алкогольных напитков в России, млн. декалитров

| 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Пиво¹⁾</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 336 | 213 | 516 | 910 | 984 | 823 | 780 | 783 | 756 | 777 | 769 | 793 | 820 | 819 | 852 |
| <i>Вина²⁾⁴⁾</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 84,1 | 31,0 | 33,7 | 48,9 | 79,1 | 73,5 | 85,1 | 88,7 | 82,8 | 82,9 | 87,3 | 70,3 | 60,3 | 65,2 | 45,6 |
| <i>Коньяки³⁾⁴⁾</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,9 | 0,9 | 1,7 | 4,5 | 9,0 | 7,6 | 7,7 | 7,6 | 8,6 | 8,4 | 9,2 | 8,2 | 8,0 | 8,8 | 8,8 |
| <i>Водка и ликероводочные изделия⁴⁾</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 138 | 123 | 123 | 132 | 106 | 75,8 | 69,8 | 81,3 | 87,9 | 87,2 | 93,4 | 90,9 | 93,8 | 98,6 | 94,5 |

¹⁾ С 2010г. – пиво, кроме отходов пивоварения, с 2012 г. включая напитки, изготавливаемые на основе пива (пивные напитки)/с 2017 г. пиво, кроме отходов пивоварения

²⁾ До 2009г. вина виноградные, плодовые, шампанские и игристые, с 2013 г. – винодельческая продукция

³⁾ С 2010г. – коньяк

⁴⁾ С 2017 г – данные Росалкогольтабакконтроля.

4.9.3 Оценка и контроль качества, перерасчеты выбросов парниковых газов и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы. Дальнейшие усовершенствования могут быть запланированы в ответ на возможные замечания в отчете Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению текущего кадастра.

5. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО (СЕКТОР 3 ОТО)

5.1 Обзор сектора и общая информация

В 2023 году суммарные выбросы ПГ от аграрного сектора РФ составили 101 200 тыс. тонн CO_2 -экв., что соответствует 43,7 % уровня 1990 года (231 798 тыс. тонн CO_2 -экв.). В 2023 году вклад закиси азота в общие сельскохозяйственные выбросы составил (49,5%), вклад CH_4 – 49,5 %, вклад CO_2 составляет около 1,0 %. К наиболее значимым источникам в аграрном секторе РФ относятся прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных почв (35323,5 тыс. тонн CO_2 -экв.) и выбросы CH_4 при внутренней ферментации домашних животных (42935,6 тыс. тонн CO_2 -экв.). В течение периода с 1990 г. прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных земель сократился на 41,6%, а выброс CH_4 от процессов внутренней ферментации животных на 63,0 %.

Снижение выбросов ПГ связано с сокращением поголовья сельскохозяйственных животных в сельском хозяйстве страны (рис. 5.1), а также сокращением посевных площадей в стране (рис. 5.2) и норм вносимых минеральных удобрений (рис. 5.3), как результат экономических преобразований аграрного сектора и страны в целом. В целом поголовье скота сократилось почти в 1,5 раза и птицы – на 15,7 % по сравнению с уровнем 1990 года (по состоянию соответственно на 01.01.1990 и 01.01.2023). При этом поголовье коров сократилось в 2,7 раза, овец и коз сократилось в 2,9 раза, остальное поголовье крупного рогатого скота – в 3,9 раза. Площадь культивируемых земель в России за период после 1990 года уменьшилась на 29,7 % или 39,9 млн. га (см. рис. 5.2). Внесение минеральных азотных удобрений сократилось на 48,0%, что соответствует снижению поступления азота в сельскохозяйственные почвы почти на 2,1 млн тонн. Все указанные показатели агропромышленной деятельности имеют тенденцию к постепенному снижению в течение всего рассматриваемого периода, включая последние годы.

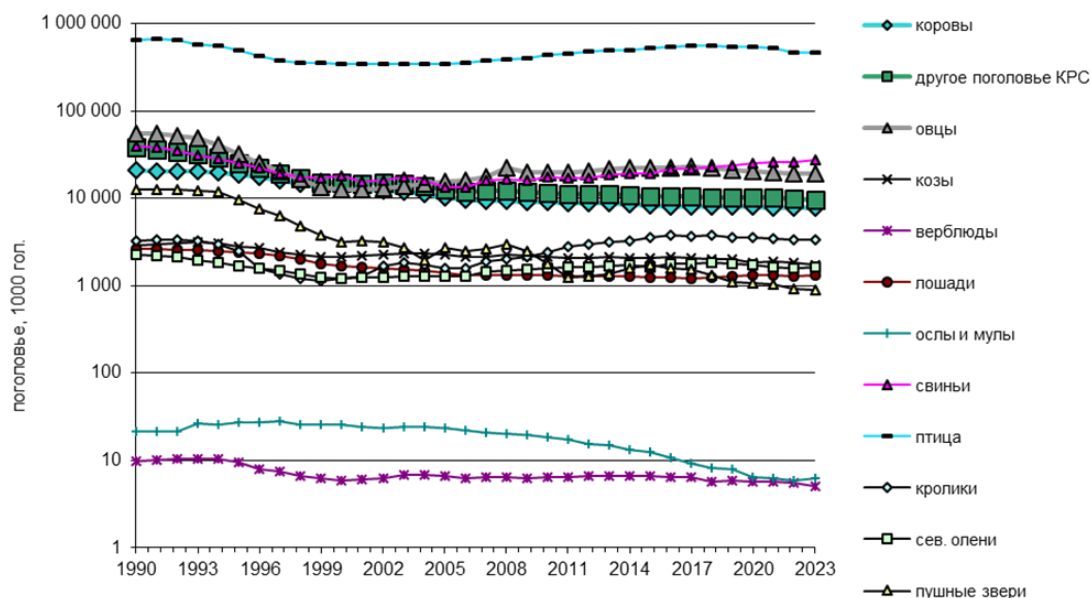


Рисунок 5.1 – Поголовье скота и птицы в хозяйствах всех категорий (на 1 января), тыс. голов.

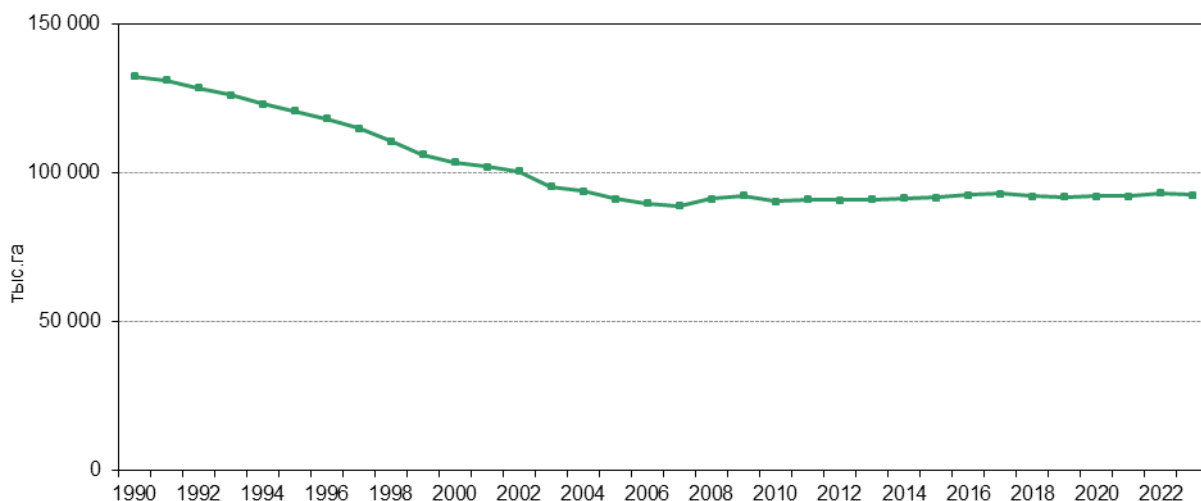


Рисунок 5.2 – Культивируемые земли в России (посевные площади, пар и многолетние насаждения)

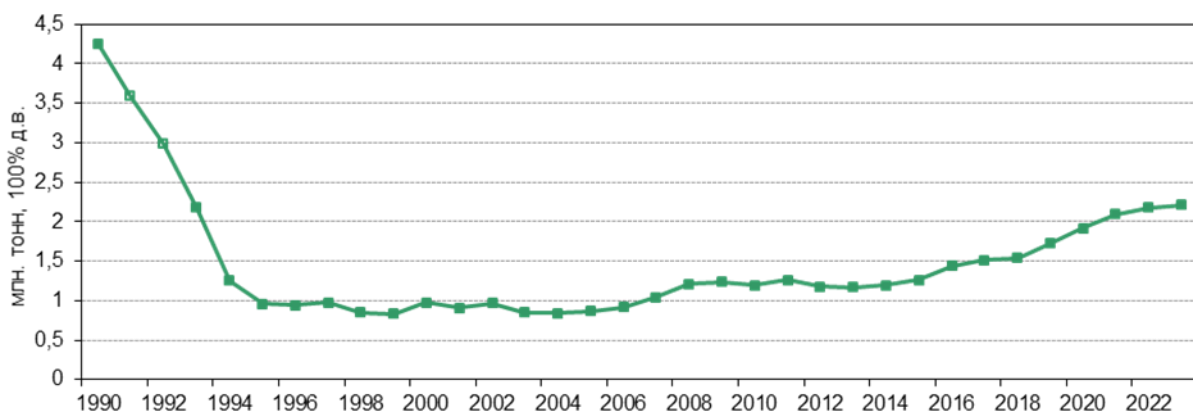


Рисунок 5.3 – Внесение минеральных азотных удобрений в почвы

Ниже приводится подробное рассмотрение выбросов CH_4 , N_2O и CO_2 и методологий их оценки в аграрном секторе РФ от следующих источников:

- внутренняя ферментация домашних животных (категория 3А МГЭИК) – использован метод, соответствующий уровню 2 для коров, крупного рогатого скота и национальный метод, соответствующий уровню 2 для свиней; метод уровня 1 для остальных видов животных;
- системы сбора и хранения побочных продуктов животноводства (навоза) (категории 3В(а) и 3В(б)) – при оценке выброса CH_4 использованы национальные методы, соответствующие уровню 2 для свиней и метод уровня 2 для КРС и коров; метод уровня 1 для остальных видов животных;
- при оценке выброса N_2O использованы методы уровня 1, национальные пересчетные коэффициенты и коэффициенты выбросов по умолчанию;
- рисовые поля (категория 3С) – использован метод уровня 1;
- прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных почв (категория 3Д1) – использован национальный метод (оценка выброса от растительных остатков); метод уровня 2 (оценка выброса от минеральных удобрений) и методы уровня 1 с набором национальных пересчетных параметров для остальных подкатегорий;
- косвенный выброс закиси азота от сельскохозяйственных земель (категория 3Д2) – использованы методы уровня 1;

- выбросы CO₂ при известковании и внесении мочевины (категории 3G и 3H) – использованы методы уровня 1.

Результаты оценок выбросов в секторе «Сельское хозяйство» приведены в таблице 5.1.

Учитывая, что саванны не встречаются на территории РФ, а сжигание пожнивных остатков на сельскохозяйственных полях законодательно запрещено, расчет по категориям МГЭИК 3E (Контролируемое сжигание саванн) и 3F (Сжигание растительных остатков на полях) не производился (подробнее см. раздел 5.9 настоящего доклада). Для остальных категорий сельского хозяйства оценка выбросов ПГ выполнена по методике Руководящих принципов национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК (МГЭИК, 2006) и Приложение к руководящим указаниям МГЭИК 2006 г. по водно-болотным угодьям (IPCC, 2014) с использованием национальных коэффициентов и национальных методологий расчета (см. ниже).

Таблица 5.1

Выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве по источникам (тыс. тонн CO₂-экв.)

| Годы | Источники | | | | | | | | Всего* |
|------|---|---|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---|----------|
| | Внутренняя ферментация, CH ₄ | Системы сбора и хранения побочных продуктов животноводства (навоза) | | | Рисовые поля, CH ₄ | Почвы | | Выбросы CO ₂ при известковании и внесении мочевины | |
| | | CH ₄ | Прямой выброс, N ₂ O | Косвенный выброс, N ₂ O | | Прямой выброс, N ₂ O | Косвенный выброс, N ₂ O | | |
| 1990 | 115947,0 | 15351,7 | 7414,7 | 6261,8 | 958,4 | 60474,3 | 15217,4 | 10173,2 | 231798,4 |
| 1995 | 86261,7 | 10041,4 | 5395,1 | 4298,8 | 564,2 | 32218,2 | 7955,0 | 2076,5 | 148810,8 |
| 2000 | 56485,5 | 6348,1 | 3541,2 | 2857,9 | 582,0 | 26257,6 | 6073,3 | 971,1 | 103116,8 |
| 2005 | 47970,3 | 4866,6 | 3291,8 | 2513,1 | 482,7 | 24055,2 | 5547,5 | 826,1 | 89553,3 |
| 2010 | 45546,4 | 5152,1 | 3511,0 | 2736,3 | 697,3 | 24811,2 | 5865,6 | 778,4 | 89098,3 |
| 2012 | 45203,5 | 5393,9 | 3446,2 | 2729,2 | 690,9 | 25799,5 | 6195,3 | 842,6 | 90301,0 |
| 2013 | 45649,3 | 5697,1 | 3496,9 | 2819,9 | 650,2 | 26907,8 | 6529,3 | 795,1 | 92545,5 |
| 2014 | 45014,7 | 5723,6 | 3457,6 | 2807,4 | 673,6 | 27177,7 | 6568,4 | 868,9 | 92292,0 |
| 2015 | 44910,0 | 5801,5 | 3505,8 | 2844,2 | 696,5 | 27883,7 | 6792,8 | 801,3 | 93235,9 |
| 2016 | 44580,4 | 6109,9 | 3470,7 | 3009,0 | 711,5 | 29737,4 | 7396,8 | 767,9 | 95783,7 |
| 2017 | 44657,2 | 6288,2 | 3494,7 | 2958,9 | 644,5 | 30364,8 | 7221,5 | 840,9 | 96470,7 |
| 2018 | 44705,0 | 6390,9 | 3493,8 | 2999,5 | 629,7 | 29899,0 | 7168,2 | 976,7 | 96262,8 |
| 2019 | 44462,4 | 6449,6 | 3396,4 | 2996,1 | 669,5 | 31405,5 | 7469,3 | 929,9 | 97791,1 |
| 2020 | 44864,1 | 6657,5 | 3433,7 | 3053,5 | 682,5 | 32545,8 | 8167,2 | 1114,6 | 100519,0 |
| 2021 | 44428,4 | 6911,9 | 3404,2 | 3102,7 | 657,8 | 33690,5 | 8024,9 | 980,3 | 101200,7 |
| 2022 | 43472,8 | 6736,6 | 3325,4 | 3032,0 | 594,7 | 35375,2 | 8337,6 | 874,7 | 101747,4 |
| 2023 | 42935,6 | 6525,6 | 3397,3 | 3046,8 | 661,9 | 35323,5 | 8329,7 | 980,7 | 101200,8 |

* сумма по строкам может не совпадать со значениями «всего» в связи с округлением

Ведение сельскохозяйственной деятельности может сопровождаться изменениями запаса почвенного углерода, а, следовательно, и выбросами (абсорбцией) углекислого газа. В соответствии с рекомендациями МГЭИК выбросы CO₂ от сельскохозяйственных почв рассматриваются в инвентаризации сектора ЗИЗЛХ (см. раздел 6 настоящего доклада).

5.1.1 Методология сбора данных о деятельности по сектору сельского хозяйства

Сбор данных о деятельности в сельскохозяйственном секторе выполняет Федеральная служба государственной статистики (Росстат) (www.rosstat.gov.ru).

Статистическое наблюдение за состоянием сельского хозяйства ведется на основе сочетания методов сплошного и несплошного наблюдения в отношении различных групп производителей сельскохозяйственной продукции. С развитием многоукладности в сельском хозяйстве сформировались три основные группы производителей:

1. Сельскохозяйственные организации, среди которых около 6 тыс. организаций, осуществляющих сельскохозяйственную деятельность, не относящихся к субъектам малого предпринимательства. По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. (ВСХП – 2016) на каждое из них приходится 6,2 тыс. га посевных площадей, 1863 головы крупного рогатого скота (КРС), 32943 голов свиней, 223 голов овец и коз. Наряду с ними производством сельскохозяйственной продукции занимаются сельхозорганизации – субъекты малого предпринимательства, а также подсобные хозяйства не сельскохозяйственных организаций.
2. Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели, осуществляющие сельскохозяйственную деятельность, число которых по данным ВСХП – 2016 составило 116 тысяч. Средний размер земельного участка в хозяйствах, имеющих земельную площадь, составлял 248 га.
3. Хозяйства населения, производящие продукцию, в основном, для продовольственного обеспечения семьи; по данным ВСХП – 2016 число личных подсобных хозяйств и других индивидуальных хозяйств граждан составило около 19 млн. со средней площадью земли 0,6 га, а также более 12 млн. семей, имеющих земельные участки в садоводческих и огороднических некоммерческих объединениях граждан со средним размером одного участка 0,07 га

Основой наблюдения за сельскохозяйственными организациями, не относящимися к субъектам малого предпринимательства, служат предоставляемые ими годовые или периодические (месячные) формы федерального статистического наблюдения.

Статистическое наблюдение за деятельностью малых предприятий, крестьянских (фермерских) хозяйств, индивидуальных предпринимателей и хозяйств населения организуется на основании форм статистического наблюдения с использованием выборочного метода обследования.

Распределение поголовья КРС, коров, свиней, овец, коз, лошадей и северных оленей по основным категориям хозяйств представлено в таблице 5.2.

В 2016 году Росстат провел ВСХП. Предыдущая полная сельскохозяйственная перепись в России состоялась в 2006 г. Результаты переписи 2016 года были использованы при подготовке настоящего кадастра выбросов ПГ в сельскохозяйственном секторе.

В соответствии с рекомендациями группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра РФ в 2013 г., представлена информация по методологическим подходам к определению потребления пастбищных кормов животными. Сбор данных о пастбищных кормах в России основан на суммарных данных по количеству травы, которая потребляется животными на всех видах пастбищ. Эта величина рассчитывается по хозяйствам всех категорий (сельскохозяйственные организации, фермерские хозяйства, включая индивидуальных предпринимателей и хозяйства населения) на основе единой методологии, утвержденной Росстатом. (См. https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy).

Таблица 5.2

Распределение поголовья сельскохозяйственных животных по категориям хозяйств
(на конец 2023 года в % от поголовья в хозяйствах всех категорий)

| Виды сельскохозяйственных животных и птицы | Категория сельскохозяйственных производителей | | |
|--|---|--|---------------------|
| | Сельскохозяйственные организации | Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели | Хозяйства населения |
| КРС | 45,7 | 17,0 | 37,3 |
| Коровы | 41,7 | 19,3 | 39,0 |
| Свиньи | 93,6 | 0,7 | 5,7 |
| Овцы | 16,0 | 42,4 | 41,6 |
| Козы | 7,3 | 13,7 | 79,0 |
| Лошади | 16,9 | 29,9 | 53,2 |
| Северные олени | 55,9 | 9,7 | 34,4 |

5.2. Выбросы при внутренней ферментации сельскохозяйственных животных (3.А)

5.2.1. Характеристика категории

Согласно (МГЭИК, 2006) выброс CH_4 производится травоядными животными в качестве побочного продукта внутренней ферментации, пищеварительного процесса, в ходе которого микроорганизмы расщепляют углеводы на простые молекулы для их последующего впитывания в кровоток. Количество высвобождаемого CH_4 зависит от типа пищеварительного тракта, возраста и массы животного, а также качества и количества потребляемого корма. Жвачный скот (например, КРС, овцы) является основным источником CH_4 , кроме того, небольшое количество CH_4 производится нежвачными животными (например, свиньями, лошадьми). Строение кишечника жвачных животных способствует более интенсивной внутренней ферментации потребляемого корма.

В настоящем кадастре выбросы CH_4 при внутренней ферментации оценивались для всех видов сельскохозяйственных животных в РФ, включая КРС, свиней, овец, коз, мулов, ослов, лошадей, верблюдов, кроликов, северных оленей, лис, песцов, норок, нутрий и разных видов птицы.

Данные по пересчетным коэффициентам, а также общий выброс при внутренней ферментации приведены в таблице 5.7 ниже.

5.2.2 Методологические подходы

Исходные данные о поголовье скота и птицы за период расчетов с 1990 г., взяты из официальных статистических изданий Росстата и официальных данных статистики, приведенных на веб-сайте Росстата (Госкомстат России, 1995, 1998; Росстат, 2009-2021; интернет-сайт Росстата (<https://www.rosstat.gov.ru>)). Для расчета среднегодового поголовья были использованы статистические данные по динамике месячного поголовья КРС, коров, свиней, овец и коз после 2006 г. в хозяйствах всех категорий. Для этих категорий сельскохозяйственных животных были получены поправочные коэффициенты путем расчета среднегодовых значений изменения поголовья за каждый месяц по отношению к поголовью на 1 января (в долях). Для расчета среднегодового поголовья животных за период с 1990 – 2005 использовались средние значения коэффициентов, рассчитанные на основе данных за 2006 – 2008 годы. Для 2023 года поправочные коэффициенты равны для крупного рогатого скота 1,025; для коров – 1,008; для свиней – 1,013 и для овец и коз – 1,058. Полученные значения были использованы для перевода данных о поголовье указанных видов сельскохозяйственных животных по состоянию на 1 января, ежегодно публикуемые Росстатом, в среднегодовое поголовье в соответствии с требованиями руководства МГЭИК.

В соответствии с рекомендациями группы по рассмотрению 2015 г. популяции пушных зверей по состоянию на 1 января были пересчитаны в настоящем кадастре на среднегодовые популяции. Учитывая, что помет норок, лисиц и песцов происходит один раз в год и продолжительность жизни молодняка менее 12 месяцев, численность этих видов была скорректирована. Нутрии характеризуются трехкратным пометом в течение одного года, а продолжительность жизни молодняка составляет около 12 месяцев, популяция нутрий не корректировалась и принято, что численность на 1 января является репрезентативной среднегодовой популяцией.

Для норок, лис и песцов принималось, что количество самок в популяции составляет 50%. Среднее число щенков на одну самку в год у лис и песцов равно 6,5, а у норок – 8,5 (Абрамов, 1990; Поляков, 2004; Вагин, 1977). Средняя продолжительность жизни щенков всех перечисленных видов пушных зверей равна 7 месяцам. Таким образом, комбинированные пересчетные коэффициенты для корректировки популяций по состоянию на 1 января оценены равными: песцы и лисы – 2,9; норки – 3,5. Эти коэффициенты были применены для пересчетов популяций всего временного ряда с 1990 года.

Учитывая, что для остальных категорий сельскохозяйственных животных размножение не носит сезонного характера (птица, кролики) или не происходит забивки молодняка до 1 года (лошади, ослы, мулы, верблюды и др.) было принято, что поголовье по состоянию на 1 января соответствует среднегодовому поголовью.

Расчет выбросов CH_4 при процессах внутренней ферментации КРС оценивался по Уровню 2 методики МГЭИК (МГЭИК, 2006). Расчет выбросов CH_4 при процессах внутренней ферментации свиней оценивался по разработанной национальной методике, которая по сложности и детальности расчетов соответствует Уровню 2 методики МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Среди крупного рогатого скота отдельно рассматривали коров (в основном, скот молочного направления) и другое поголовье КРС. Репрезентативные категории скота, согласно (МГЭИК, 2006) включают, как правило, 3 подкатегории: взрослый молочный скот, прочий взрослый скот и молодняк. Однако, в связи с особенностями сбора статистических данных по потреблению кормов животными в течение года, молодняк КРС рассматривался вместе с другим поголовьем КРС (без коров).

Национальная методология оценки базируется на ежегодной статистической информации по потреблению разных видов кормов по видам сельскохозяйственных животных. (Расчет выбросов при этом производится по категориям сельскохозяйственных животных, согласно классификации МГЭИК.) Количество израсходованных кормов для сельскохозяйственных организаций производится на основании сведений форм федерального статистического наблюдения методом сплошного обследования с досчетом на малые предприятия и прочие сельскохозяйственные организации, имеющие поголовье скота и птицы. Объем израсходованных кормов скоту и птице в хозяйствах населения определяется по следующим группам населения: личные подсобные хозяйства сельской местности и хозяйства граждан, проживающих в городах и городской местности. Расход кормов скоту и птице для личных подсобных хозяйств определяется методом выборочного обследования этой категории сельскохозяйственных производителей согласно Методическим указаниям по проведению выборочного федерального статистического наблюдения за сельскохозяйственной деятельностью личных подсобных и других индивидуальных хозяйств граждан от 25 сентября 2019 г. №552 (Методические указания ..., 2019). Объем израсходованных кормов скоту и птице в хозяйствах населения городской местности рассчитывается путем умножения среднего расхода кормов на 1 голову скота и птицы (принятой по данным выборочного обследования) на соответствующее среднегодовое поголовье (по данным годовой разработки о поголовье скота и птицы) в этих хозяйствах. Определение объемов расхода кормов скоту и птице в крестьянских (фермерских) хозяйствах производится расчетным путем на основании данных о поголовье скота и птицы в этой категории сельскохозяйственных производителей, расходе кормов на 1 голову скота и птицы в сельскохозяйственных организациях, а также соотношении данного показателя, сложившемся между крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и сельскохозяйственными организациями в предыдущие годы (Методические указания 2012).

Статистическая информация на национальном уровне включает количество потребленных кормовых единиц в целом за год каждым видом животных в хозяйствах всех категорий и подразделяется на концентрированные корма, из них комбикорма, грубые корма, сочные корма.

Кормовая единица служит для сравнения питательной ценности различных видов кормов. В настоящее время в РФ используется овсяная кормовая единица, которая равна энергетической ценности 1 кг овса среднего качества. Перевод в кормовые единицы осуществляется по данным лабораторных исследований или согласно справочникам питательной ценности кормов. Дополнительно статистическая информация представляется по потреблению пастбищных кормов, однако, без подразделения по видам животных. Поэтому потребление пастбищных кормов отдельными видами животных было определено как разница между данными по общему потреблению всех видов кормов определенными животными за год и суммой потребления известных видов кормов (концентрированные корма, комбикорма, грубые корма, сочные корма). Для свиней аналогично определяли потребление животных кормов.

На основе полученного соотношения видов кормов в годовом рационе скота и статистических данных по суммарному расходу кормов на 1 голову коров, другого поголовья КРС или свиней рассчитывали потребление кормов по их видам в расчете на 1 голову. Валовая энергия для свиней рассчитывалась по уравнению 5.1 в каждом регионе. Перевод потребления энергии из кормовых единиц в МДж осуществлялся на основании анализа данных литературы и разработки среднего содержания кормовых единиц в килограмме сухого вещества для разных видов кормов (приложение V.4 настоящего доклада, табл. V.4.1). Учитывая разницу в рационе КРС и свиней, а также физиологические особенности переваривания корма у жвачных и нежвачных животных, коэффициенты содержания кормовых единиц в килограмме сухого вещества, и коэффициенты перевариваемости разных видов кормов для свиней, были рассчитаны отдельно: исходные справочные данные (Шпакова и др., 1991), использованные для разработки этих коэффициентов, представлены в приложении V.4, таблица V.4.2. Известно (МГЭИК, 2006), что используя полученные пересчетные коэффициенты, были рассчитаны значения валовой энергии для свиней на 1 кг сухого вещества кормов содержит около 18,45 МДж валовой энергии. Таким образом,

$$GE = \sum_i (R \cdot (fod_i / totalfod) \cdot FU_i \cdot 18,45), \quad (5.1)$$

где: GE – валовая энергия потребляемого корма в расчете на 1 голову в год, МДж;
 R – суммарный расход всех видов кормов в расчете на 1 голову скота данной категории в год, кормовые единицы;
 fod_i – расход кормов определенного вида (i) на все поголовье скота данной категории за год, кормовых единиц;
 $totalfod$ – общее потребление кормов всех видов поголовьем скота данной категории за год, кормовых единиц;
 FU_i – содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества корма определенного вида (i), доля;
 $18,45$ – коэффициент преобразования сухого вещества кормов в МДж (МГЭИК, 2006).

Расчет валовой энергии для коров и другого поголовья КРС производился по Уровню 2 методики МГЭИК (МГЭИК, 2006). Данные о поголовье, средней живой массе, суточном приросте массы КРС (без коров) и коров и расходу кормов были взяты из отчетных материалов, официальных статистических изданий Росстата и официальных данных статистики, приведенных на веб-сайте Росстата (Госкомстат России, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2020; интернет-сайт Росстата (<https://rosstat.gov.ru>)). В связи с отсутствием статистических данных о живой массе и приросте в весе скота за период с 1990 по 2003 годы были взяты средние значения живой массы за период с 2004 по 2012 годы.

Для расчет чистой энергии для поддержания для крупного рогатого скота использовались параметры по умолчанию согласно Руководящим принципам МГЭИК, 2006 (МГЭИК, 2006) для самцов равный 0,37 МДж/сутки*кг. В связи с отсутствием данных о подразделении поголовья коров на лактирующих и нелактирующих было взято среднее значение для лактирующих и нелактирующих коров – 0,35 МДж/сутки*кг.

Значение параметров для расчета чистой энергии для роста для (КРС (без коров)) и коров, энергии для беременности были взяты по умолчанию согласно Таблице 10.7 (МГЭИК, 2006).

Для расчета отношений чистой энергии в рационе, доступной для роста, к потребляемой переваримой энергии (REG) и отношения чистой энергии в рационе, доступной для поддержания, к потребляемой переваримой энергии (REM) использовались средневзвешенные значения коэффициентов переваримости кормов отдельно для КРС (без коров) и молочных коров. Для последнего года кадастра средневзвешенное значение коэффициента переваримости кормов для КРС (без коров) составило 67,81%, для молочных коров – 69,57 %. Значения коэффициентов перевариваемости (DE%) для крупного рогатого скота (без коров) и молочных коров в целом для РФ с подразделением на виды кормов (концентрированные (без комбикормов), комбикорма, грубые корма, сочные корма и пастбищные корма) были уточнены в рамках выполнения Важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ). Значения коэффициентов переваримости кормов для КРС (без коров) и отдельно коров, а также полученные средневзвешенные значения представлены в таблицах 5.4 и 5.5.

Коэффициент соответствующий условиям кормления животных рассчитывался с учетом условий кормления скота.

В 2023 году значение коэффициента, соответствующего условиям кормления животных составило:

для коров $Ca = 0,85 \cdot 0 + 0,15 \cdot 0,17 = 0,025$;

для КРС $Ca = 0,80 \cdot 0 + 0,24 \cdot 0,17 = 0,041$.

Основные параметры, которые использовались для расчета валовой энергии для коров и другого поголовья КРС представлены в Таблице 5.3

Таблица 5.3

Параметры для оценки валовой энергии для крупного рогатого скота за последний год кадастра

| Параметры | Значение |
|--|----------|
| Коэффициент для расчета чистой энергии для поддержания (КРС (без коров)), МДж/сутки*кг | 0,37 |
| Коэффициент для расчета чистой энергии для поддержания (коровы), МДж/сутки*кг | 0,35 |
| Коэффициент физической активности для КРС (без коров) | 0,04 |
| Коэффициент физической активности для коров | 0,02 |
| Коэффициент для расчета чистой энергии для роста (КРС (без коров)) | 1,2 |
| Коэффициент для расчета чистой энергии для роста (коровы) | 0,8 |
| Коэффициент беременности | 0,1 |

Коэффициент выбросов CH_4 при внутренней ферментации коров и другого поголовья КРС для всех лет с 2015 года рассчитаны по субъектам РФ на основе дезагрегированных данных Росстата. В Приложении V.4, в таблицах V.4.4 и V.4.5 приведены статистические данные о поголовье коров и другого КРС по субъектам РФ.

В таблицах 5.4. и 5.5. приведены основные данные и расчетные значения для валовой энергии, потребляемой коровами и другим поголовьем КРС.

Таблица 5.4

Расчет валовой энергии коров за последний год кадастра.

| Параметры | Всех кормов | Концентраты (без комбикормов) | Комбикорма | Грубые корма | Сочные корма | Другие корма |
|---|-------------|-------------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Расход кормов коровам, тыс. тонн корм. ед. | 33369,7 | 7401,4 | 4773,1 | 8408,3 | 7941,5 | 4845,4 |
| Соотношение разных видов кормов в годовом рационе коров, % | 100 | 22,2 | 14,3 | 25,2 | 23,8 | 14,5 |
| Валовая энергия в расчете на 1 голову в сутки, МДж | 206,64 | | | | | |
| Коэффициент выбросов CH ₄ при внутренней ферментации, кг CH ₄ /гол./год | 88,1 | | | | | |
| Коэффициент перевариваемости кормов, DE % | | 78,90 | 82,91 | 60,61 | 65,15 | 64,98 |
| Средневзвешенное значение коэффициента перевариваемости кормов, DE % | 69,57 | | | | | |

Таблица 5.5

Расчет валовой энергии КРС (без коров) за последний год кадастра.

| Параметры | Всех кормов | Концентраты (без комбикормов) | Комбикорма | Грубые корма | Сочные корма | Другие корма |
|---|-------------|-------------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Расход кормов КРС (без коров), тыс. тонн корм. ед. | 23079,5 | 4602,6 | 2019,0 | 6265,0 | 4609,1 | 5583,8 |
| Соотношение разных видов кормов в годовом рационе, % | 100 | 19,9 | 8,8 | 27,1 | 20,0 | 24,2 |
| Валовая энергия в расчете на 1 голову в сутки, МДж | 137,77 | | | | | |
| Коэффициент выбросов CH ₄ при внутренней ферментации, кг CH ₄ /гол./год | 58,73 | | | | | |
| Коэффициент перевариваемости кормов, DE % | | 78,48 | 82,47 | 60,29 | 64,81 | 64,63 |
| Средневзвешенное значение коэффициента перевариваемости кормов, DE % | 67,81 | | | | | |

В таблице 5.6 приведена методология расчета валовой энергии и коэффициентов перевариваемости для свиней за последний год настоящего кадастра. Расчет выполнен по общенациональным данным.

Коэффициент преобразования метана (Y_m) для КРС использован по умолчанию для рационов, содержащих менее 90% концентратов (МГЭИК, 2006) и равен 6,5 % (табл. 10.12). Таким

образом, на основании полученных результатов валовой энергии рассчитаны значения коэффициентов выбросов метана при внутренней ферментации у коров и другого поголовья КРС в соответствии с уравнением 10.21 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Для свиней в Руководящих принципах (МГЭИК, 2006) отсутствует информация по рекомендуемому коэффициенту преобразования метана. Поэтому было использовано значение, равное 0,6% ($Y_m=0,006$) в соответствии с таблицей А-4б, стр. 4-35, том 3 (МГЭИК, 1997).

Таблица 5.6

Расчет валовой энергии и коэффициентов перевариваемости для свиней за последний год кадастра.

| Параметры | Всех кормов | Концентраты (без комбикормов) | Комби-корма | Грубые корма | Сочные корма | Другие корма |
|---|-------------|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Расход кормов свиньям, тыс. тонн корм. ед. | 18317,4 | 1440,5 | 16331,8 | 7,8 | 326,9 | 210,4 |
| Соотношение разных видов кормов в годовом рационе свиней, % | 100 | 7,9 | 89,2 | 0,0 | 1,8 | 1,1 |
| Расход кормовых единиц на 1 голову свиней | 610,6 | 51,5 | 592,4 | 0,3 | 11,7 | 7,5 |
| Содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества ¹⁾ | | 1,16 | 1,12 | 0,58 | 0,86 | 1,70 |
| Потребление сухого вещества на 1 голову в год, кг | 545,1 | 41,4 | 486,4 | 0,5 | 12,7 | 4,1 |
| Валовая энергия в 1 кг сухого вещества, МДж | | 18,45 | 18,45 | 18,45 | 18,45 | 18,45 |
| Валовая энергия в расчете на 1 голову в год, МДж | 10056,7 | 764,2 | 8974,1 | 8,3 | 233,9 | 76,1 |
| Коэффициент перевариваемости, % | | 75,20 | 79,43 | 40,27 | 48,36 | 90,84 |

¹⁾ См. приложение V.4, таблица V.4.2.

курсивом обозначены статистические данные

В таблице 5.7 приведены результаты расчета региональных коэффициентов выбросов CH_4 при внутренней ферментации коров и другого поголовья КРС по субъектам РФ за последний год кадастра, а также средневзвешенные значения этих коэффициентов для страны в целом, использованные в настоящем кадастре.

В Приложении V.4 в таблице V.4.6 приведены региональные значения по валовому потреблению энергии коровами, в таблице V.4.7 – региональные данные валового потребления энергии другого поголовья КРС за 2015-2023 год, в таблице V.4.8 – по коэффициентам выброса CH_4 при внутренней ферментации коров, в таблице V.4.9 – по коэффициентам выброса CH_4 при внутренней ферментации другого поголовья КРС за 2015-2023 год.

Как следует из данных таблицы 5.7, наблюдается вариабельность в коэффициентах выброса и значениях валовой энергии потребляемых кормов КРС и коровами между различными регионами страны. Это объясняется значительной разницей в условиях содержания и кормления животных в северных и южных регионах, временем пастбищного содержания, а также соотношением крупных сельскохозяйственных организаций и частных хозяйств в регионе: крупные хозяйства, как правило, закупают больше комбикормов и концентратов, в то время как в небольших хозяйствах практикуется кормление пастбищными, сочными и грубыми кормами с низкой степенью перевариваемости и более высоким коэффициентом выброса CH_4 . Кроме того, структура стада также может различаться между регионами страны.

Минимальное значение коэффициента выброса для коров в последний год кадастра получено для Чукотского автономного округа. Максимальные значения коэффициента выброса

при внутренней ферментации коров получено для Архангельской, Рязанской и Вологодской областей.

Для остального поголовья КРС (без коров) минимальное значение коэффициента в последний год кадастра получено для Мурманской области. Максимальное значение коэффициента выброса для Республики Башкортостан, Пермского края и Читинской области.

Для Ленинградской и Московской областей значения валовой энергии и коэффициента эмиссии метана для коров увеличивается за период с 2015 по 2022 год прямопропорционально надоям молока.

Для Карачаево – Черкесской республики отмечается значительная вариабельность значений валовой энергии и коэффициентов эмиссии метана для КРС (без коров) за период с 2015 по 2021 год в связи с колебанием средней живой массы. Вариабельность значений коэффициента эмиссии метана в регионе сопоставима с вариабельностью значений валовой энергии за рассматриваемый период.

Тренд коэффициентов выбросов метана при внутренней ферментации свиней в течение всего периода делится на два последовательных этапа: рост коэффициента с 1990 до 2006 г., и снижение. Первый этап связан, по-видимому, с наращиванием объемов производства и увеличением средней массы свиней в стране. Второй этап характеризует воздействие изменений в рационе животных: сокращение доли грубых кормов более чем в 2 раза и увеличение доли затем его постепенное комбикормов (от 37,9% в 2006 г. до 89,2% в 2023 г.) с более высокой перевариваемостью. Данное пояснение приведено в соответствии с рекомендациями группы экспертов по обзору кадастра 2014 года.

Расчет выбросов CH_4 для всех остальных видов животных и птицы выполнялся в соответствии с методикой МГЭИК Уровень 1 (МГЭИК, 2006). Коэффициенты выброса метана при внутренней ферментации для каждой категории сельскохозяйственных животных соответствуют значениям, приведенным в Руководящих принципах МГЭИК для развитых стран в таблице 10.10 (МГЭИК, 2006). Все коэффициенты выбросов CH_4 при внутренней ферментации животных в РФ, использованные в настоящем кадастре, приведены в таблице 5.8.

Коэффициент выбросов CH_4 при внутренней ферментации у северных оленей получен из Базы данных коэффициентов эмиссии МГЭИК (IPCCFDB), номер 413623, и равен 19,9 кг $\text{CH}_4/\text{гол.} \cdot \text{год}$. Этот коэффициент разработан в Финляндии для северных оленей бореальной зоны на основе предположения, что олени потребляют сено в течение 150 дней и лишайники – 215 дней. Условия содержания (пастбищное) и кормления северных оленей в России полностью соответствуют вышеназванным. Таким образом, рассматриваемый коэффициент выброса CH_4 при внутренней ферментации у северных оленей был принят как национальный и использован в расчетах. Он хорошо согласуется с коэффициентом по умолчанию (20 кг $\text{CH}_4/\text{гол.} \cdot \text{год}$) из (МГЭИК, 2006) для оленей (табл. 10.10).

Для расчета коэффициента выброса CH_4 при внутренней ферментации у кроликов и пушных зверей использован подход, предложенный в Руководящих принципах (МГЭИК, 2006), для животных, по которым отсутствуют разработанные коэффициенты выброса. При этом используется соотношение средней живой массы этого вида животных и вида, для которого разработан соответствующий коэффициент выброса CH_4 при внутренней ферментации, при условии общего сходства пищеварительных систем у данных видов животных.

Так, коэффициент выброса для пушных зверей рассчитывался по данным свиней:

$$EF = [(\text{масса норки, кг}) / (\text{масса свиньи, кг})]^{0,75} \cdot EF_{\text{свиней}},$$

а коэффициент для кроликов рассчитывался по данным ослов. Средний вес животных определен на основании (Балакирев, Кузнецов, 2006) и равен: для кроликов 3 кг, норки – 0,8 кг, лис – 6,5 кг, песцов – 5,7 кг и нутрий – 8 кг. Коэффициент выброса свиней, использованный в расчетах, в целях консервативности оценки принят равным максимальному значению, которое рассчитано для свиней в России (1,5 кг $\text{CH}_4/\text{голову}$). Средняя масса свиней (56 кг) – определена по статистическим данным в 2010 г.

Таблица 5.7

Валовая энергия, коэффициенты выбросов CH_4 при внутренней ферментации и коэффициенты перевариваемости кормов для коров, другого поголовья КРС по областям Российской Федерации в последний год кадастра.

| Регион | Коровы | | | Другое поголовье КРС | | |
|-------------------------|------------------------------------|---|--|------------------------------------|---|--|
| | Валовая энергия, МДж/гол. в год | Коэффициент выбросов, кг CH_4 /гол. в год | Коэффициент перева- риваемости кормов, DE% | Валовая энергия, МДж/гол. в год | Коэффициент выбросов, кг CH_4 /гол. в год | Коэффициент перева- риваемости кормов, DE% |
| Белгородская область | 217,18 | 92,95 | 75,21 | 139,58 | 59,51 | 76,52 |
| Брянская область | 172,65 | 73,60 | 77,06 | 125,50 | 53,50 | 74,17 |
| Владимирская область | 230,62 | 98,32 | 72,33 | 129,49 | 55,20 | 73,45 |
| Воронежская область | 216,89 | 92,46 | 74,53 | 115,52 | 49,25 | 77,46 |
| Ивановская область | 205,13 | 87,45 | 74,29 | 115,91 | 49,42 | 76,88 |
| Калужская область | 204,45 | 87,16 | 71,10 | 119,52 | 50,96 | 70,64 |
| Костромская область | 168,00 | 71,62 | 76,37 | 110,89 | 47,28 | 71,44 |
| Курская область | 230,27 | 98,17 | 70,55 | 108,90 | 46,43 | 75,81 |
| Липецкая область | 213,23 | 90,91 | 71,95 | 124,62 | 53,13 | 72,44 |
| Московская область | 224,10 | 95,54 | 73,92 | 114,46 | 48,80 | 75,20 |
| Орловская область | 217,53 | 92,74 | 69,19 | 126,06 | 53,74 | 76,29 |
| Рязанская область | 237,00 | 101,04 | 72,63 | 131,34 | 56,00 | 72,99 |
| Смоленская область | 170,21 | 72,57 | 63,51 | 109,85 | 46,83 | 69,79 |
| Тамбовская область | 196,26 | 83,67 | 66,20 | 127,39 | 54,31 | 66,34 |
| Тверская область | 178,15 | 75,95 | 78,91 | 121,65 | 51,86 | 70,36 |
| Тульская область | 177,33 | 75,60 | 73,90 | 115,03 | 49,04 | 72,83 |
| Ярославская обл. | 187,05 | 79,74 | 75,49 | 111,87 | 47,69 | 74,30 |
| Республика Карелия | 170,82 | 72,83 | 81,33 | 106,41 | 45,37 | 79,86 |
| Республика Коми | 167,97 | 71,61 | 69,89 | 120,95 | 51,56 | 69,68 |
| Архангельская область | 321,40 | 137,02 | 56,33 | 134,45 | 57,32 | 72,17 |
| Вологодская область | 235,86 | 100,55 | 69,32 | 118,25 | 50,41 | 75,65 |
| Калининградская область | 180,17 | 76,81 | 68,99 | 135,97 | 57,97 | 66,67 |

Продолжение таблицы 5.7

| Регион | Коровы | | | Другое поголовье КРС | | |
|---------------------------------|------------------------------------|--|--|------------------------------------|--|--|
| | Валовая энергия, МДж/гол. в год | Коэффициент выбросов, кг СН ₄ /гол. в год | Коэффициент пере- вариваемости кор- мов, DE% | Валовая энергия, МДж/гол. в год | Коэффициент выбросов, кг СН ₄ /гол. в год | Коэффициент пере- вариваемости кор- мов, DE% |
| Ленинградская область | 219,05 | 93,39 | 78,02 | 116,98 | 49,87 | 78,67 |
| Мурманская область | 143,94 | 61,36 | 82,56 | 78,16 | 33,32 | 88,11 |
| Новгородская область | 195,74 | 83,45 | 68,58 | 139,71 | 59,56 | 67,03 |
| Псковская область | 184,05 | 78,46 | 73,43 | 114,52 | 48,82 | 71,16 |
| Республика Адыгея | 178,40 | 76,06 | 64,74 | 121,08 | 51,62 | 65,86 |
| Республика Дагестан | 118,28 | 50,42 | 64,62 | 115,52 | 49,25 | 64,57 |
| Ингушская Республика | 144,94 | 61,79 | 70,33 | 91,19 | 38,88 | 68,12 |
| Кабардино-Балкарская Республика | 197,74 | 84,30 | 66,31 | 134,95 | 57,53 | 70,06 |
| Республика Калмыкия | 92,94 | 39,62 | 62,47 | 118,97 | 50,72 | 63,05 |
| Карачаево-Черкесская Республика | 134,28 | 57,25 | 62,88 | 116,59 | 49,71 | 66,24 |
| Республика Северная Осетия | 132,57 | 56,52 | 75,90 | 91,79 | 39,13 | 71,16 |
| Чеченская Республика | 181,53 | 77,39 | 63,19 | 136,30 | 58,11 | 68,07 |
| Краснодарский край | 230,48 | 98,26 | 72,71 | 111,36 | 47,48 | 79,75 |
| Ставропольский край | 188,18 | 80,22 | 66,90 | 128,15 | 54,63 | 67,03 |
| Астраханская область | 91,09 | 38,83 | 66,66 | 89,93 | 38,34 | 65,07 |
| Волгоградская область | 220,92 | 94,18 | 62,78 | 132,21 | 56,37 | 69,09 |
| Ростовская область | 186,12 | 79,35 | 65,61 | 128,66 | 54,85 | 63,32 |
| Республика Башкортостан | 203,03 | 86,56 | 68,68 | 173,82 | 74,10 | 58,72 |
| Республика Марий-Эл. | 226,29 | 96,47 | 73,16 | 113,32 | 48,31 | 81,13 |
| Республика Мордовия. | 210,77 | 89,86 | 71,75 | 107,69 | 45,91 | 77,84 |
| Республика Татарстан | 219,71 | 93,67 | 71,16 | 147,01 | 62,67 | 67,89 |
| Удмуртская Республика | 220,48 | 94,00 | 70,50 | 126,90 | 54,10 | 70,84 |
| Чувашская Республика | 216,55 | 92,32 | 66,90 | 139,62 | 59,52 | 68,84 |
| Пермский край | 207,63 | 88,52 | 72,08 | 174,01 | 74,18 | 60,37 |
| Кировская область | 221,30 | 94,35 | 73,95 | 130,77 | 55,75 | 71,87 |
| Нижегородская область | 199,63 | 85,11 | 72,82 | 125,31 | 53,42 | 71,74 |
| Оренбургская область | 174,28 | 74,30 | 67,21 | 164,28 | 70,03 | 58,65 |
| Пензенская область | 225,52 | 96,15 | 69,79 | 151,71 | 64,68 | 66,45 |
| Самарская область | 199,80 | 85,18 | 68,10 | 127,12 | 54,19 | 69,73 |

Продолжение таблицы 5.7

| Регион | Коровы | | | Другое поголовье КРС | | |
|------------------------------|------------------------------------|--|--|------------------------------------|--|--|
| | Валовая энергия, МДж/гол. в год | Коэффициент выбросов, кг СН ₄ /гол. в год | Коэффициент пере- вариваемости кор- мов, DE% | Валовая энергия, МДж/гол. в год | Коэффициент выбросов, кг СН ₄ /гол. в год | Коэффициент пере- вариваемости кор- мов, DE% |
| Саратовская область | 189,03 | 80,59 | 67,46 | 140,94 | 60,09 | 65,72 |
| Ульяновская область | 206,43 | 88,01 | 69,30 | 128,76 | 54,89 | 71,49 |
| Курганская область | 178,71 | 76,19 | 69,17 | 138,29 | 58,96 | 63,84 |
| Свердловская область | 227,12 | 96,83 | 71,91 | 137,03 | 58,42 | 70,29 |
| Тюменская область | 222,04 | 94,66 | 65,92 | 138,56 | 59,07 | 67,51 |
| Челябинская область | 210,60 | 89,79 | 66,64 | 118,69 | 50,60 | 72,09 |
| Республика Алтай | 129,64 | 55,27 | 62,19 | 127,42 | 54,32 | 61,71 |
| Республика Бурятия | 129,42 | 55,18 | 62,27 | 125,79 | 53,63 | 62,15 |
| Республика Тыва | 71,60 | 30,52 | 61,21 | 85,83 | 36,59 | 62,28 |
| Республика Хакасия | 174,42 | 74,36 | 65,13 | 133,26 | 56,81 | 63,74 |
| Алтайский край | 179,49 | 76,52 | 68,72 | 128,82 | 54,92 | 68,83 |
| Красноярский край | 210,41 | 89,70 | 68,79 | 138,44 | 59,02 | 68,13 |
| Иркутская область | 173,92 | 74,15 | 67,73 | 141,97 | 60,53 | 63,72 |
| Кемеровская область | 198,84 | 84,77 | 68,72 | 144,80 | 61,73 | 67,31 |
| Новосибирская область | 199,02 | 84,85 | 69,48 | 134,73 | 57,44 | 67,62 |
| Омская область | 189,22 | 80,67 | 66,67 | 141,03 | 60,12 | 64,57 |
| Томская область | 208,07 | 88,71 | 67,82 | 142,20 | 60,63 | 67,25 |
| Читинская область | 174,18 | 74,26 | 62,44 | 174,12 | 74,23 | 61,00 |
| Республика Саха (Якутия) | 121,77 | 51,91 | 62,21 | 111,67 | 47,61 | 65,14 |
| Камчатский край | 185,34 | 79,02 | 66,04 | 129,09 | 55,03 | 65,39 |
| Приморский край | 193,92 | 82,67 | 66,56 | 143,69 | 61,26 | 64,93 |
| Хабаровский край | 129,21 | 55,08 | 65,24 | 95,06 | 40,53 | 68,36 |
| Амурская область | 194,05 | 82,73 | 72,48 | 148,83 | 63,45 | 67,11 |
| Магаданская область | 96,50 | 41,14 | 69,94 | 78,63 | 33,52 | 68,93 |
| Сахалинская область | 211,57 | 90,20 | 67,71 | 140,40 | 59,86 | 67,04 |
| Еврейская автономная область | 100,66 | 42,91 | 69,94 | 94,76 | 40,40 | 74,83 |
| Чукотский автономный округ | 118,27 | 50,42 | 99,73 | 79,07 | 33,71 | 89,18 |
| Республика Крым | 199,04 | 84,86 | 67,35 | 117,31 | 50,01 | 74,51 |

Пересчетные коэффициенты, а также общий выброс при внутренней ферментации за последний год кадастра приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8.

*Пересчетные коэффициенты и выбросы CH_4
от внутренней ферментации в последний год кадастра.*

| Категория сельскохозяйственных животных | Коэффициент выбросов при внутренней ферментации, кг CH_4 /гол*год | Выбросы CH_4 при внутренней ферментации, Гг |
|---|--|--|
| Коровы | 88,09 | 686,83 |
| КРС (без коров) | 58,69 | 586,79 |
| Буйволы | 55 | 0,32 |
| Овцы | 8 | 161,51 |
| Козы | 5 | 9,24 |
| Верблюды | 46 | 0,23 |
| Лошади | 18 | 23,59 |
| Мулы | 10 | 0,002 |
| Ослы | 10 | 0,06 |
| Свиньи | 1,08 | 30,32 |
| Северные олени | 19,9 | 31,48 |
| Кролики | 0,59 | 1,96 |
| Лисицы | 0,3 | 0,01 |
| Песцы | 0,27 | 0,002 |
| Норки | 0,06 | 0,05 |
| Нутрии | 0,35 | 0,0001 |
| Всего | 1 533,41 | |

5.2.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность выполненного кадастра определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Исходная информация по численности животных бралась по официальным статистическим данным, которые имеют высокую степень достоверности (ошибка составляет не более 5%). Переводные коэффициенты по умолчанию, использованные в расчетах, были взяты из методики (МГЭИК, 2006). Для пересчетных коэффициентов и параметров по умолчанию были использованы рекомендованные в методиках 95% доверительные интервалы.

Неопределенность национальных параметров, использованных при оценке выбросов от КРС и свиней в категории 3А по Уровню 2, были математически рассчитаны по данным, представленным в приложении V.4. Неопределенность региональных оценок коэффициентов выброса метана при внутренней ферментации КРС и выбросов от навоза этих животных оценивалась по подходу 1. Разработка региональных оценок позволила сократить неопределенность оценки выброса CH_4 от внутренней ферментации от 6,6% до 1,82%.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

5.2.4 Обеспечение и контроль качества

Для обеспечения и контроля качества данной подкатегории применялись общие процедуры Российского национального кадастра, приведенные в соответствующем разделе НДК, а также специфичные для сектора сельского хозяйства (см. раздел 5.12 ниже).

Характеристика поголовья скота. В ИГКЭ регулярно проводится ряд проверок качества исходных данных по поголовью и характеристикам скота, в соответствии с томом 1 главой 6 и томом 4 главой 10 Руководящих принципов (МГЭИК, 2006):

- ежегодно данные о поголовье сельскохозяйственных животных, надоям молока, потреблению кормов и др. проверяются на согласованность с данными предыдущих лет;
- выполняется проверка оценки потребления кормов жвачными животными. Для большинства регионов потребление кормов в пересчете на сухое вещество (кг/день) не превышает 3% от массы животных для всех лет расчетного периода. Превышение суточного потребления кормов выше 3% отмечается для ряда регионов, например Брянская область, что связано высоким производством КРС в регионе. Уточнение норм кормления в данных регионах внесено в план по усовершенствованию кадастра.
- ежегодно данные о поголовье сельскохозяйственных животных соотносятся со статистической информацией, публикуемой ФАО. По состоянию на 2022 год расхождений с данными ФАО не выявлено;
- Росстат при формировании сводных данных осуществляет анализ и контроль статистических данных, получаемых от субъектов РФ. При этом информация проверяется на согласованность, достоверность и полноту. Для получения информации о сельскохозяйственной деятельности хозяйств населения используются данные выборочного обследования личных подсобных хозяйств, а также сельскохозяйственных переписей последняя ВСХП была проведена в 2016 году.

На рисунке 5.4 приведены тренды изменения коэффициента выбросов метана от внутренней ферментации для коров, рассчитанные с использованием уравнения 10.21 Руководящих принципов (МГЭИК, 2006), а также значения средних надоев молока за период с 1990 по 2023 годы. В целом тренд рассчитанных коэффициентов выброса метана при внутренней ферментации у коров положительно коррелирует с надоями молока за весь период расчетов (коэффициент корреляции равен 0,9).

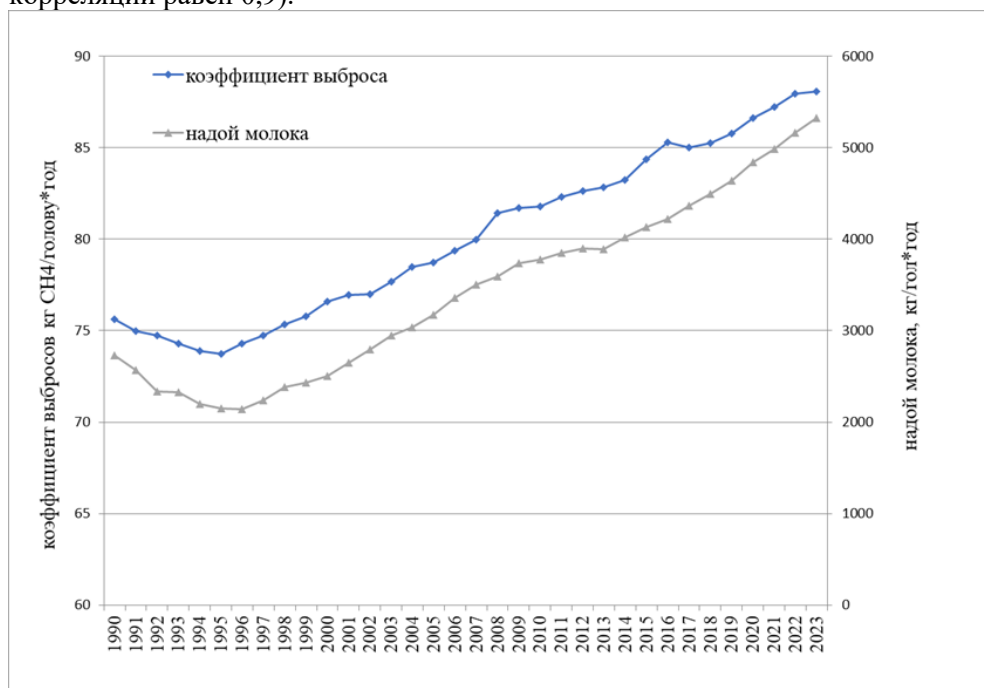


Рисунок 5.4 – Коэффициенты выбросов метана при внутренней ферментации у коров и надой молока

5.2.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной категории в настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

- для всех лет периода 1990 – 2022 год пересчитаны значения валовой энергии и коэффициенты эмиссии метана в результате внутренней ферментации для КРС (без коров) и коров согласно Уровню 2 Руководящих принципов (МГЭИК, 2006). В рамках выполнения работ Важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) были уточнены значения коэффициентов перевариваемости (DE%) для крупного рогатого скота (без коров) и коров в целом для РФ, а также с детализацией по регионам. Уточнение значения коэффициента перевариваемости (DE %) основных видов кормов было проведено согласно анализу научно – исследовательской литературы для коров (Курзюков Т.А., Крамаренко Н.А., 2012; Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Арзина И.В., 2018; Гамко Л.Н., Менякин А.Г., Мицурина Е.А., 2022), для КРС (Дускаев Г.К., Левахин Г.И., Нуржанов Б.С., Рысаева А.Ф., Петрунина Ю., Ю., 2016; Арилова А.Н., НатYROVA А.К., Эдгеева В.У., Косилова В.И., Старцева Н.В., 2018; Валюшин А. В., Глазкова А.В., 2021). Также для регионов, в которых отсутствовали данные по исследованию перевариваемости кормов (Архангельская область, Ханты -Мансийский автономный округ, Кабардино-Балкарская республика, Красноярский край, Приморский край) были проведены лабораторные исследования перевариваемости для основным типов кормов (концентрированных, комбикормов, грубых, сочных и пастбищных) с применением метода *in vitro*.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.3 Выбросы CH_4 от систем сбора и хранения побочной продукции животноводства (навоза) (3.B(a))

5.3.1 Характеристика категории

Согласно (МГЭИК, 2006) разложение навоза в анаэробных условиях (т.е. в отсутствии кислорода) в процессе его хранения или обработки приводит к образованию CH_4 . Условия для этого легче всего создаются тогда, когда значительное количество животных содержится на ограниченной площади (например, молочные, свиноводческие и птицеводческие фермы, а также откормочные площадки для мясных пород скота), и там, где навоз утилизируется в жидкостных системах.

Согласно распределению выбросов CH_4 от внутренней ферментации и от систем сбора, хранения и использования отходов жизнедеятельности по категориям сельскохозяйственных животных в РФ, почти 90% выброса метана от кишечной ферментации обусловлено жизнедеятельностью КРС, который характеризуется наиболее интенсивными ферментативными процессами. В суммарные выбросы от систем сбора и хранения побочной продукции животноводства (навоза), кроме крупного рогатого скота, существенный вклад вносят отходы свиноводческих ферм.

В течение рассматриваемого периода соотношение вкладов разных видов животных и птицы в общие выбросы CH_4 от систем сбора и хранения навоза практически не изменились. Исключение составляют выбросы от другого поголовья КРС (без коров), вклад которых заметно сократился (более чем на 16%) за исследуемый период, и выбросы от свиней, вклад которых вырос на 19 %. Это связано с более сильным снижением поголовья КРС (без коров), чем поголовья коров, а также относительным увеличением поголовья свиней.

5.3.2 Методологические подходы

При расчете выбросов CH_4 от систем сбора и хранения побочной продукции животноводства (навоза) используются те же данные о поголовье скота из официальных статистических изданий Росстата и официальных данных статистики, приведенных на веб-сайте Росстата

(Госкомстат России, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2021; интернет-сайт Росстата (<https://rosstat.gov.ru>), как и для категории 3А. Для расчета среднегодовых популяций коров, другого поголовья КРС, свиней, овец и коз использованы поправочные коэффициенты (см. раздел 5.3). Статистическая информация по численности подкатегорий птицы (мясные куры и петухи, куры-несушки, цыплята, гуси, гусята, другая взрослая птица и молодняк другой птицы) разрабатывается только по сельскохозяйственным организациям. Условно, соотношение перечисленных подкатегорий птицы в хозяйствах всех категорий было принято равным их соотношению в сельскохозяйственных организациях. На основании этого допущения и статистических данных по общей численности птицы в стране были рассчитаны значения для всех подкатегорий за весь период.

Коэффициенты выброса CH_4 от систем сбора и хранения побочной продукции животноводства (навоза) КРС и свиней рассчитаны по Уровню 2 методики (МГЭИК, 2006). Выделение летучих веществ (VS) оценивалось по уравнению 5.2. (соответствует уравнению 10.24 из (МГЭИК, 2006)), содержание золы в навозе принято по умолчанию (8%).

$$VS = (GE \cdot (1 - DE\% / 100) + UE \cdot GE) \cdot [(1 - ASH) / 18.45], \quad (5.2)$$

где: VS – выделение сухого вещества летучих веществ, кг/сут.;

GE – валовая энергия, МДж/сут.;

DE – коэффициент перевариваемости корма, %;

(UE • GE) – энергия мочи, фракция валовой энергии (0,04 для КРС и 0,02 для свиней);

ASH – содержание золы в сухом веществе навоза.

Значения GE для КРС и свиней были рассчитаны при оценке выбросов CH_4 при внутренней ферментации данных видов сельскохозяйственных животных. По аналогии с категориями внутренней ферментации использовались уточненные в рамках выполнения работ Важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) коэффициенты перевариваемости (DE%) для КРС. Учитывая разницу в рационе КРС и свиней, а также физиологические особенности переваривания корма у жвачных и нежвачных животных, коэффициенты перевариваемости разных видов кормов для свиней были рассчитаны отдельно. Средневзвешенные значения коэффициентов перевариваемости кормов определялись в зависимости от соотношения разных видов кормов для каждого года.

В соответствии с рекомендациями (МГЭИК, 2006), (стр. 10.58), было проведено сопоставление национальных параметров VS с данными по умолчанию. Так, для свиней национальное значение VS в 2023 г. составляет 0,32, т.е. практически среднее между рекомендованными МГЭИК по умолчанию для товарных свиней – 0,3 и племенных – 0,5 (табл. 10А-7, 8). Для коров национальное значение VS равно 3,55, а значение по умолчанию равно 4,5 для стран Восточной Европы (табл. 10А-4). Для другого поголовья КРС национальный коэффициент составляет 2,49, а значение по умолчанию – 2,7 (табл. 10А-5).

После определения величин суточного выделения летучих твердых веществ для коров, другого поголовья КРС и свиней рассчитывали коэффициент выбросов по формуле 10.23 (МГЭИК, 2006). Значения B_0 максимальной метанопродуцирующей способности для навоза рассматриваемых категорий скота принимали по умолчанию для стран Восточной Европы из таблиц 10А-4 (коровы – 0,24); 10А-5 (другое поголовье КРС – 0,17) и 10А-7(8) (свиньи – 0,45) (МГЭИК, 2006).

Распределение навоза коров, другого поголовья КРС и свиней по типам систем сбора, хранения и использования приведено в разделе 5.2.3 ниже. Можно отметить, что для коров применяются системы сухого хранения и пастбищное содержание. Для другого поголовья КРС – помимо пастбищ и сухого хранения – применяются системы с жидким навозом «без естественной корки» на поверхности хранилища. Для свиней применяются также системы хранения с жидким навозом (без естественной корки), и, частично, могут быть использованы системы сухого хранения.

Коэффициенты преобразования CH_4 для данных систем (MCF) были приняты по умолчанию. Среднегодовая температура в РФ не превышает 15°C, таким образом, территория России

находится в холодном климате согласно таблице 10.17 (МГЭИК, 2006). Согласно справочникам по климату среднегодовая температура воздуха в России составляет $-5,5^{\circ}\text{C}$, при этом колебания по регионам могут быть от -13°C (Таймырский а.о.) до $+12^{\circ}\text{C}$ (Дагестан, Северная Осетия, Чечня) (Справочник по климату СССР, 1965-1966; Росгидромет, 2014). Соответственно, для навоза, оставленного на пастбищах, использовано значение MCF равное 1,0%, для систем сухого хранения – 2,0%, для жидкого навоза без естественной корки – 17% (значение для среднегодовой температуры не выше 10°C) (таблица 10.17 (МГЭИК, 2006)).

В соответствии с рекомендациями экспертов группы по рассмотрению был проведен опрос агрокомпаний по способам хранения жидких систем навоза. Согласно полученной информации от группы компаний ООО «АПК - Центр», а также группы предприятий ООО «ГК Агро-Белогорье» в среднем влажность жидкой фракции навоза от КРС и свиней оставляет 99% и, как правило, не образует корок на поверхности. На основании имеющейся информации для жидкого навоза была выбрана категория «без естественной корки».

Незначительное число регионов со среднегодовой температурой выше 10°C находятся на Кавказе, где традиционно скот круглогодично находится на пастбищах, а численность свиней крайне низкая (например, в Чечне свиньи отсутствуют, а в Дагестане их поголовье не превышает 1 тыс.). Таким образом, использование коэффициента MCF для систем жидкого хранения 17% не приводит к недооценке общих выбросов метана от систем сбора, хранения и использования навоза.

Методология расчета выбросов CH_4 от навоза и помета остальных видов сельскохозяйственных животных и птицы соответствует Уровню 1 (МГЭИК, 2006). Используются рекомендуемые коэффициенты выбросов для развитых стран с холодным климатом из таблицы 10.15. Коэффициенты выброса для пушных зверей и кроликов взяты из таблицы 10.16 (МГЭИК, 2006). Коэффициент выброса для северных оленей, используемый в кадастре РФ ($0,369 \text{ кг CH}_4/\text{гол} \cdot \text{год}$) взят из первоисточника (Sneathetal., 1997) и очень близок к значению по умолчанию ($0,36 \text{ кг CH}_4/\text{гол} \cdot \text{год}$).

Результаты расчетов для последнего года, а также используемые пересчетные коэффициенты представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9.

Пересчетные коэффициенты и выбросы CH_4 от систем сбора и хранения побочных продуктов животноводства (навоза) скота и птицы в последний год кадастра.

| Категория сельскохозяйственных животных и птицы | Коэффициент выбросов для навоза и птичьего помета, $\text{кгCH}_4/\text{гол} \cdot \text{год}$ | Выбросы CH_4 от навоза и помета, тыс. тонн |
|---|--|---|
| Коровы | 3,86 | 30,11 |
| КРС (без коров) | 4,02 | 40,14 |
| Буйволы | 5,00 | 0,03 |
| Овцы | 0,19 | 3,84 |
| Козы | 0,13 | 0,24 |
| Верблюды | 1,58 | 0,01 |
| Лошади | 1,56 | 2,04 |
| Мулы | 0,76 | 0,0002 |
| Ослы | 0,76 | 0,005 |
| Свиньи | 5,17 | 144,53 |
| Птица | – | – |
| мясные куры, петухи | 0,02 | 0,26 |
| куры-несушки | 0,03 | 3,59 |
| цыплята | 0,02 | 6,22 |
| гуси | 0,02 | 0,002 |
| гусята | 0,02 | 0,0001 |

Продолжение таблицы 5.9

| Категория сельскохозяйственных животных и птицы | Коэффициент выбросов для навоза и птичьего помета, кгСН ₄ /гол•год | Выбросы СН ₄ от навоза и помета, тыс. тонн |
|---|---|---|
| другая взрослая птица | 0,045 | 0,25 |
| молодняк другой птицы | 0,02 | 0,31 |
| Северные олени | 0,369 | 0,60 |
| Кролики | 0,08 | 0,27 |
| Лисицы | 0,68 | 0,02 |
| Песцы | 0,68 | 0,004 |
| Норки | 0,68 | 0,58 |
| Нутрии | 0,68 | 0,0001 |
| Всего | | 231,96 |

Полученные национальные коэффициенты для коров несколько ниже коэффициентов выбросов, предлагаемых по умолчанию для этих животных для стран Восточной Европы с холодным климатом (10°C) (МГЭИК, 2006) – 11 кг СН₄/гол. • год. По-видимому, эта разница, прежде всего, обусловлена преобладанием в России систем хранения навоза в сухом виде при содержании коров молочного направления (табл. 5.12), которые характеризуются более слабыми выбросами СН₄ по сравнению с системами жидкого хранения. Кроме того, средний вес молочных коров несколько ниже, чем вес по умолчанию (526 кг на начало 2023 г. против 550 кг соответственно).

Аналогично, коэффициент выброса метана от систем сбора и хранения навоза другого поголовья КРС ниже, чем значение по умолчанию (6 кг СН₄/гол. • год). Это можно объяснить, как меньшей долей систем жидкого хранения в РФ, чем это принято для расчетов по умолчанию - таблица 10А-5 из (МГЭИК, 2006).

Национальный коэффициент выброса для свиней, напротив, хорошо согласуется с коэффициентами по умолчанию: 3 кг СН₄/гол. • год для товарных и 4 кг СН₄/гол. • год для племенных - таблица 10.14 из (МГЭИК, 2006).

В соответствии с рекомендацией группы экспертов по рассмотрению 2016 г. оценен уровень выбросов СН₄ от систем хранения помета страусов в РФ. Согласно результатам ВСХП в России в 2016 г. было около 3064 голов страусов. Применяя коэффициент по умолчанию из методики (МГЭИК, 2006), таблица 10А-9, 5,67 кг/СН₄ гол. • год, общий выброс от помета страусов составляет около 27 783 кг СН₄ в 2006 (или 0.69 тыс. тонн СО₂ экв.). Эта величина соответствует 0,000027% общенационального выброса в СО₂ экв. в 2006 году без учета сектора ЗИЗЛХ. Таким образом, выбросы СН₄ от помета страусов в России является источником с незначительным вкладом, оценки которого не предоставляются в ежегодных кадастрах в соответствии с п. 37(b) Руководящих принципов РКИК ООН для представления информации о годовых кадастрах Сторон, включенных в Приложение I к Конвенции.

5.3.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность выполненного кадастра определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Исходная информация по численности животных бралась по официальным статистическим данным, которые имеют высокую степень достоверности (ошибка составляет не более 5%). Переводные коэффициенты по умолчанию, использованные в расчетах, были взяты из методики МГЭИК (МГЭИК, 2006). Для пересчетных коэффициентов и параметров по умолчанию были использованы рекомендованные в методиках 95% доверительные интервалы.

Неопределенности национальных параметров, использованных при оценке выбросов от КРС и свиней в категории 3В по Уровню 2, были математически рассчитаны по данным, представленным в приложении V.4.

Точность определения соотношения разных систем сбора, хранения и использования навоза и помета в стране принята равной $\pm 10\%$. Для разработанных уточненных значений

доли жидкостных систем хранения навоза использовано меньшее значение неопределенности, равное $\pm 8\%$. Для коэффициентов, взятых из данных кадастров других стран Приложения 1 РКИК ООН для оленей, кроликов и пушных зверей, принята точность равная доверительным интервалам соответствующих параметров по умолчанию.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

5.3.4 Обеспечение и контроль качества

См. раздел 5.2.4 выше.

5.3.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной категории в настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

- для всех лет период 1990 – 2022 пересчитаны значения валовой энергии, VS, коэффициенты выбросов метана для коров и КРС (без коров) с использованием Уровня 2 методики МГЭИК (МГЭИК, 2006).

- скорректированы значения доли жидкой и твердых систем хранения навоза для КРС (без коров) за период с 2017 по 2022 годы и выполнены пересчеты значений коэффициентов эмиссии метана;

- скорректированы значения поголовья коров, КРС (без коров), свиней, овец и коз за период 2016 – 2021 гг. и выполнены соответствующие пересчеты.

- В рамках выполнения работ Важнейшего инновационного проекта государственного назначения (ВИП ГЗ) были уточнены значения коэффициентов перевариваемости (DE%) для крупного рогатого скота (без коров) и коров в целом для РФ, а также с детализацией по регионам. Уточнение значения коэффициента перевариваемости (DE%) было проведено согласно анализу научно – исследовательской литературы для коров (Курзюков Т.А., Крамаренко Н.А., 2012; Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Арзина И.В., 2018; Гамко Л.Н., Менякин А.Г., Мицурина Е.А., 2022), для КРС (Дускаев Г.К., Левахин Г.И., Нуржанов Б.С., Рысаева А.Ф., Петрунина Ю., Ю., 2016; Арилова А.Н., НатYROVA А.К., Эдгеева В.У., Косилова В.И., Старцева Н.В., 2018; Валошин А. В., Глазкова А.В., 2021). Также для регионов, в которых отсутствовали данные по исследованию перевариваемости кормов (Архангельская область, Ханты - Мансийский автономный округ, Кабардино-Балкарская республика, Красноярский край, Приморский край) были проведены лабораторные исследования перевариваемости для основным типов кормов (концентрированных, комбикормов, грубых, сочных и пастбищных) с применением метода *in vitro*.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.4 Выбросы N₂O от систем сбора и хранения побочной продукции животноводства (навоза) (3.B(b))

5.4.1 Прямые выбросы N₂O

5.4.1.1 Характеристика категории

Согласно (МГЭИК, 2006) прямые выбросы N₂O происходят в ходе комбинированной нитрификации-денитрификации содержащегося в навозе азота. Выброс N₂O из навоза во время хранения и обработки зависит от содержания азота и углерода в навозе, а также от продолжительности хранения и типа обработки. Нитрификация (окисление аммонийного азота до нитрата азота) является необходимой предпосылкой для выброса N₂O из хранящегося навоза. Нитрификация может происходить в хранящемся навозе при условии достаточного поступления кисло-

рода. При анаэробных условиях нитрификация не происходит. Нитриты и нитраты трансформируются в N_2O и молекулярный азот (N_2) вовремя естественно происходящего процесса денитрификации, который является анаэробным процессом. Таким образом, выбросы N_2O из обрабатываемого навоза требуют присутствия либо нитритов, либо нитратов в анаэробной среде при предшествующих аэробных условиях, необходимых для образования этих окисленных форм азота. Кроме того, должны соблюдаться условия, препятствующие восстановлению N_2O до N_2 , такие как, низкий pH или ограниченная влажность.

Косвенные выбросы происходят в результате потерь летучего азота, главным образом в форме аммиака и NO_x . Часть выделяемого органического азота, которая минерализуется до аммонийного азота в процессе сбора и хранения навоза, зависит в основном от времени и в меньшей степени от температуры.

Как показали расчеты, прямые выбросы N_2O от систем сбора, хранения и использования навоза и помета в твердом виде и сухой массе в России оказывают определяющее влияние на общий прямой выброс N_2O от категории 3B(b), что обусловлено широким применением этих систем в животноводстве и птицеводстве страны. В 2023 году прямые выбросы N_2O от систем хранения в твердом виде составили 12,82 тыс. тонн.

5.3.1.2 Методологические подходы

Оценка выбросов N_2O при сборе, хранении и использовании навоза крупного рогатого скота (без коров), коров, свиней и северных оленей выполнена в соответствии с Уровнем 2 (МГЭИК, 2006). Для остальных категорий животных применяли метод Уровня 1, уточненные национальные коэффициенты разработаны для подкатегорий птицы.

При расчете по Уровню 2 были определены годовое поглощение азота животными с кормом (N_{intake} , кг) и фракция удерживаемого азота в теле животного ($N_{retention}$). Поглощение азота рассчитывалось на основе уравнения 5.3:

$$N_{intake} = GE / 18.45 \cdot (CP\% / 100) / 6.25, \quad (5.3)$$

где: CP% – содержание сырого протеина в корме, %.

Средние значения CP для разных видов кормов КРС и свиней были определены по справочным данным (Шпакова и др., 1991). Исходная информация представлена в таблицах приложения V.4 настоящего доклада. Средневзвешенные значения CP% определялись для каждого года кадастра отдельно в зависимости от конкретного соотношения разных видов кормов, израсходованных на коров, другое поголовье КРС и свиней. Рассчитанные значения CP% для последнего года кадастра приведены в таблице 5.10.

Коэффициенты удержания азота корма в теле животных для другого поголовья КРС (без коров) были рассчитаны по уравнению 10.33 (МГЭИК, 2006) в соответствии с рекомендацией группы экспертов по рассмотрению кадастра в 2018 году. Расчет чистой энергии роста КРС производился по уравнению 10.6 (МГЭИК, 2006). Данные о средней живой массе (BW) и суточного прироста массы (WG) животного по поголовью (кг) взяты из отчетных материалов, официальных статистических изданий Росстата и официальных данных статистики, приведенных на веб-сайте Росстата (Госкомстат России, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2022; интернет-сайт Росстата (<http://rosstat.gov.ru>)).

Для коров и свиней использовались значения по умолчанию $N_{retention}$ равные 0,2 и 0,3 (кг удержанного N/гол • год) / (кг потребляемого N/гол • год) соответственно (таблица 10.20 Глава 10 том 4 часть 2) (МГЭИК, 2006).

Расчет экскретируемого азота (N_{ex}) для всех КРС и свиней выполнялся по уравнению 5.4:

$$N_{ex} = N_{intake} \cdot (1 - N_{retention}) \quad (5.4)$$

Таблица 5.10.

Средневзвешенные значения содержания сырого протеина (СР)
в сухом веществе кормов КРС и свиней в отчетный год, %

| Вид кормов | Категория сельскохозяйственных животных | | | | | |
|---------------------------------|---|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|--------|---------------------------------|
| | Коровы | | КРС (без коров) | | Свиньи | |
| | СР% | соотношение кормов в рационе, % | СР% | соотношение кормов в рационе, % | СР% | соотношение кормов в рационе, % |
| Пастбищные корма | 16,12 | 16,1 | 16,12 | 24,2 | | |
| Сочные корма | 12,32 | 23,8 | 12,32 | 20,0 | 13,78 | 1,8 |
| Грубые корма | 11,61 | 25,2 | 11,61 | 27,1 | 13,83 | 0,04 |
| Концентраты (без комбикормов) | 23,57 | 22,2 | 23,57 | 19,9 | 23,51 | 7,9 |
| Комбикорма | 49,22 | 14,3 | 49,22 | 8,7 | 31,14 | 89,2 |
| Животные корма | | | | | 41,73 | 1,1 |
| Средневзвешенное значение СР, % | 20,47 | | 18,52 | | 30,34 | |

Годовая экскреция азота северными оленями рассчитана на основании данных, приведенных в описании коэффициента выброса метана при внутренней ферментации северных оленей в Базе данных коэффициентов эмиссии МГЭИК (№ 413623). Согласно этой информации, значения валовой энергии потребляемых кормов для самцов равно 51,8 МДж/день/гол, для самок – 49,1 МДж/день/гол. Среднее соотношение полов в стаде принято равным 1:1. Содержание сырого протеина в корме северных оленей: 12% для сена (потребление в течение 115 дней в год) и 3% в лишайниках (215 дней в год). На основе полученных данных по формуле 6.3. было рассчитано среднее количество поглощенного азота в сутки. Согласно расчетам по формуле 5.4 определено общее количество экскретируемого азота (коэффициент удержания азота в теле животных принят равным коэффициенту для лошадей – 0,07 (табл. 10.20, (МГЭИК, 2006))).

Национальные годовые потоки азота от подкатегорий птицы определялись по «Общесоюзным нормам технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза» (ОНТП 17-81), в которых приведены средние нормы выхода и содержание азота в птичьем помете в пересчете на сухое вещество экскрементов. Выход азота для подкатегорий «другая взрослая птица» и «молодняк другой птицы» рассчитывался как средние величины по данным для взрослых уток и индеек, и их молодняка соответственно.

Величины экскретируемого азота за год овцами, козами, лошадьми, мулами и ослами, а также кроликами и пушными зверями определены по данным таблицы 10.19 (МГЭИК, 2006). Для этих категорий животных применяли метод Уровня 1 в соответствии с уравнением 10.30. Данные по живой массе овец, коз и лошадей для лет после 2004 г. были взяты из национальной статистики. Для 1990-2003 гг. были применены средние значения за последующий 10-летний период с 2004 по 2013 г. Живая масса верблюдов, мулов и ослов принята равной величинам по умолчанию для развитых стран в соответствии с таблицей 10А-9.

Коэффициенты экскреции азота для сельскохозяйственных животных и птицы представлены в таблице 5.11.

Полученные значения экскретируемого азота для коров и свиней несколько выше коэффициентов, рекомендуемых МГЭИК для стран Восточной Европы (МГЭИК, 2006), которые равны соответственно: 61,96 (для массы коров 485 кг) и 14,59 кг/гол•год (для массы свиней 54 кг). По-видимому, это связано с различиями в рационе животных в странах Восточной Европы и России, а именно с большим количеством кормов с высоким содержанием белка.

По результатам исследования систем сбора, хранения и утилизации навоза и помета в РФ были определены основные типы этих систем (Гитарский и др., 2001). Одни и те же категории животных в течение года могут содержаться с использованием различных систем сбора и хра-

нения навоза, приведенных в Руководящих принципах (МГЭИК, 2006). Так, в сельскохозяйственных предприятиях, фермерских и личных хозяйствах в РФ практикуется выпас большинства видов сельскохозяйственных животных (овцы, козы, лошади, мулы и др.) в летнее время на пастбищах (18,4% годового времени). Соответственно 81,6% годового потока азота выделяется при хранении навоза в сухом виде. Летом в дневное время домашняя птица в частных хозяйствах также находится вне закрытых помещений и огороженных вольеров (24% годового времени) (Гитарский и др., 2001). Соответственно птичий помет не собирается, а остается на местах выгула и, следовательно, может рассматриваться как навоз на пастбищах, огороженных выгулах или загонах. В сельскохозяйственных и фермерских организациях практикуется постоянное клеточное содержание птицы, сбор и хранение помета в сухом виде. Учитывая соотношение частных и государственных хозяйств в стране и численность в них птицы, была рассчитана доля помета, которая остается на местах выгула птицы (6,5%).

Таблица 5.11

Экскреция азота сельскохозяйственными животными и птицей в отчетный год, кгN/гол. • год

| Категории сельскохозяйственных животных и птицы | Экскреция азота, кг N/гол • год |
|---|---------------------------------|
| Коровы | 107,08 |
| КРС (без коров) | 29,10 |
| Буйволы | 45,27 |
| Свиньи | 18,52 |
| Овцы | 12,51 |
| Козы | 17,80 |
| Лошади | 38,42 |
| Мулы | 14,24 |
| Ослы | 14,24 |
| Верблюды | 30,10 |
| Птица | |
| мясные куры и петухи | 1,70 |
| куры-несушки | 1,00 |
| цыплята | 0,60 |
| гуси | 2,20 |
| гусята | 1,50 |
| другая взрослая птица | 2,10 |
| молодняк другой птицы | 1,50 |
| Северные олени | 8,48 |
| Кролики | 8,10 |
| Лисицы, песцы | 12,09 |
| Норки, нутрии | 4,59 |

Применение жидкостных систем сбора и хранения навоза возможно только при стойловом содержании животных, которое практикуется при откорме животных на мясо. В откормочных хозяйствах содержится молодое поголовье КРС и свиней. Согласно этим нормам (в ответ на замечания группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра ПГ РФ 2010 г.) были разработаны ежегодные доли навоза в системах жидкого хранения для категорий другого поголовья КРС и свиней. При этом доля систем жидкого хранения принимается равной доле поголовья животных, находящихся на откорме, по отношению к общей численности животных данной категории. Для КРС доля жидких систем хранения навоза изменилась от 26% в 1990 году до 18% в 2004 году, с 2005 года отмечается сокращение доли жидких систем хранения навоза

до 14 - 15%, что связано с сокращением поголовья КРС (без коров). В 2023 году доля жидких систем хранения навоза для другого поголовья КРС составила 14,2%. В результате проведенных расчетов доля систем жидкостного хранения навоза свиней изменяется от 66% в 1990 г. до 41% в 2004-2005 гг. В 2023 г. эта величина составляла 84,3 %. Для другого поголовья КРС (без коров) диапазон изменений составлял от 26% (1990 г.) до 14% (2010 г.), а в 2023 доля систем жидкого хранения равна 14,2 %. Изменения доли систем жидкого хранения в течение рассматриваемого периода обусловлены динамикой численности животных, находящихся на откорме. В соответствии с рекомендациями группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра в 2011 г. ежегодные данные по системам сбора и хранения навоза свиней и КРС (без коров). В соответствии с рекомендациями группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра в 2023 г. за период с 2017 по 2022 год были скорректированы значения доли жидких систем хранения навоза для КРС (без коров), значения приводятся в тексте НДК в таблице 5.12.

Таблица 5.12

Соотношение основных типов систем сбора и хранения побочной продукции животноводства (навоза) свиней и крупного рогатого скота (без коров), %

| Годы | Тип системы хранения навоза КРС (без коров) | | | Тип системы хранения навоза свиней | |
|------|---|----------------|-------------------|------------------------------------|----------------|
| | Жидкое хранение | Сухое хранение | Пастбища и выпасы | Жидкое хранение | Сухое хранение |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1990 | 26,07 | 53,23 | 20,70 | 66,04 | 33,96 |
| 1995 | 23,62 | 52,78 | 23,60 | 54,51 | 45,49 |
| 2000 | 20,96 | 51,64 | 27,40 | 44,52 | 55,48 |
| 2005 | 15,33 | 57,27 | 27,40 | 41,42 | 58,58 |
| 2010 | 14,71 | 58,61 | 26,68 | 51,76 | 48,24 |
| 2012 | 14,29 | 58,78 | 26,93 | 63,15 | 36,85 |
| 2013 | 14,21 | 58,55 | 27,24 | 67,74 | 32,26 |
| 2014 | 13,97 | 61,20 | 24,83 | 70,09 | 29,91 |
| 2015 | 14,23 | 60,82 | 24,95 | 72,51 | 27,49 |
| 2016 | 14,02 | 60,84 | 25,13 | 74,22 | 25,78 |
| 2017 | 13,84 | 60,71 | 25,45 | 76,93 | 23,07 |
| 2018 | 13,80 | 60,75 | 25,45 | 78,94 | 21,06 |
| 2019 | 13,79 | 60,75 | 25,45 | 81,0 | 19,0 |
| 2020 | 13,89 | 60,04 | 26,07 | 83,1 | 16,89 |
| 2021 | 13,91 | 60,11 | 25,98 | 84,0 | 16,00 |
| 2022 | 14,07 | 57,91 | 28,02 | 84,2 | 15,79 |
| 2023 | 14,18 | 61,63 | 24,19 | 84,3 | 15,72 |

Количество навоза, остающееся на местах выгула КРС, определялось для каждого года отдельно в зависимости от доли пастбищных кормов в годовом рационе скота. При этом принималось, что пастбищные корма животные получают только на местах выпаса и доля пастбищных кормов в рационе соответствует доле годового времени, проведенного на пастбищах. Остальной навоз молочного рогатого скота собирается и хранится в твердом виде.

Для кроликов и большинства пушных зверей характерно клеточное содержание, и практически весь навоз хранится в сухом виде. Учитывая специфику поведения нутрий и условия их содержания, экскременты этих животных, как правило, хранятся в жидкостных системах сбора. Полученные данные распределения экскретируемого азота по основным системам

сбора, хранения и использования продуктов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных и птицы в отчетном году представлены в таблице 5.13.

Таблица 5.13

Соотношение основных типов систем сбора и хранения побочных продуктов животноводства (навоза) и птичьего помета для разных категорий сельскохозяйственных животных и птицы в отчетный год, %

| Категория сельскохозяйственных животных и птицы | Тип системы хранения навоза (помета) | | |
|---|--------------------------------------|----------------|-------------------|
| | Жидкое хранение | Сухое хранение | Пастбища и выпасы |
| Коровы | 0,0 | 85,5 | 14,5 |
| КРС (без коров) | 14,18 | 61,63 | 24,2 |
| Буйволы | 0,0 | 81,6 | 18,4 |
| Птица | 0,0 | 93,5 | 6,5 |
| Овцы | 0,0 | 81,6 | 18,4 |
| Козы | 0,0 | 81,6 | 18,4 |
| Свиньи | 84,3 | 15,7 | 0,0 |
| Лошади | 0,0 | 81,6 | 18,4 |
| Верблюды | 0,0 | 81,6 | 18,4 |
| Мулы | 0,0 | 81,6 | 18,4 |
| Ослы | 0,0 | 81,6 | 18,4 |
| Северные олени | 0,0 | 81,6 | 18,4 |
| Кролики | 0,0 | 100 | 0,0 |
| Пушные звери (лисицы, песцы, норки) | 0,0 | 100 | 0,0 |
| Нутрии | 100 | 0,0 | 0,0 |

Другие системы сбора и хранения навоза, а также использование навоза в качестве топлива, не используются на территории РФ (Гитарский и др., 2001). Ежедневный вывоз и внесение навоза на поля запрещено законодательством в связи с необходимостью предварительной дезинфекции навоза при хранении. Согласно таблице 10.21 (МГЭИК, 2006), величины коэффициентов выброса N_2O при применении различных систем хранения и переработки продуктов жизнедеятельности животных и птиц следующие: сбор и хранение навоза или помета в жидком виде без естественной поверхностной корки – 0,0 кг N_2O-N /кг азота; хранение в твердом виде – 0,005 кг N_2O-N /кг азота. Выбросы закиси азота от навоза пастбищ и выпасов рассматриваются при оценке выбросов от сельскохозяйственных земель (категория 3D1.3).

5.4.1.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность выполненного кадастра определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Исходная информация по численности животных бралась из данных государственной статистической отчетности, которые имеют высокую степень достоверности (ошибка составляет не более 5%). Переводные коэффициенты по умолчанию, использованные в расчетах, были взяты из методики МГЭИК (МГЭИК, 2006). Для пересчетных коэффициентов и параметров по умолчанию были использованы рекомендованные в методиках 95% доверительные интервалы.

Неопределенность национальных параметров, использованных при оценке выбросов от КРС и свиней в категории 3В по Уровню 2, были математически рассчитаны по данным, представленным в приложении V.4.

Точность определения соотношения разных систем сбора, хранения и использования навоза и помета в стране принята равной $\pm 10\%$. Для разработанных уточненных значений доли жидкостных систем хранения навоза использовано меньшее значение неопределенности, равное $\pm 8\%$. Для коэффициентов, взятых из данных кадастров других стран Приложения

1 РКИК ООН для оленей, кроликов и пушных зверей, принята точность равная доверительным интервалам соответствующих параметров по умолчанию.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованны.

5.4.1.4 Обеспечение и контроль качества

См. раздел 5.2.4 выше.

5.4.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной категории в настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

- согласно рекомендации экспертов группы по рассмотрению кадастра в 2018 году для всех лет периода 1990 – 2022 выполнен расчет суммарного количества удержания азота с использованием формулы 10.33 (МГЭИК, 2006) для другого поголовья КРС (без коров);
- пересчет коэффициента удержания суммарного количества азота повлек за собой пересчет прямых выбросов N_2O от систем сбора и хранения навоза от КРС (без коров) для всех лет периода 1990 – 2021;
- скорректированы доли жидких и твердых систем хранения навоза для КРС (без коров) за период с 2017 – 2022 годы и скорректированы значения коэффициента экскреции (N_{ex}) азота для КРС (без коров).

Усовершенствования, выполненные в ответ на рекомендации групп по рассмотрению, приведены в разделе 5.13.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.4.2 Косвенные выбросы N_2O и общие потери азота в системах сбора и хранения побочной продукции животноводства (навоза). Количество азота, вносимого в почвы.

5.4.2.1 Характеристика категории

См. раздел 5.2.1.1 выше.

Согласно полученным оценкам, потери азота от улетучивания в системе жидкого хранения в 2023 году составили 226,07 тыс. тонн азота, а в системах сухого хранения – 505,58 тыс. тонн. Всего косвенный выброс N_2O от систем сбора и хранения навоза и помета оценивается в 2023 году величиной 11,50 тыс. тонн N_2O .

5.4.2.2 Методологические подходы

Для расчета косвенных выбросов N_2O от систем сбора и хранения навоза использованы параметры и коэффициенты, рекомендуемые МГЭИК (МГЭИК, 2006). Оценки выполнены только для улетучивания азота в форме NH_3 и NO_x . Согласно рекомендациям МГЭИК потери при вымывании могут быть оценены только при условии наличия конкретной информации о доле потерь азота из разных систем хранения (стр. 10.64 (МГЭИК, 2006)), т.е. для оценки выбросов при вымывании соединений азота необходимо разрабатывать национальные коэффициенты и применять Уровень 2 или 3. Учитывая, что косвенные выбросы N_2O от систем сбора и хранения навоза не относятся к ключевым источникам выбросов в РФ, а национальные коэффициенты не доступны, применялся метод Уровня 1 и оценивались только выбросы от улетучивания азота. Для косвенных выбросов при вымывании соединений азота в отчетных таблицах ОТО использовалось обозначение «NE».

Расчет производился по уравнению 10.26 (МГЭИК, 2006). Доли азота, которые улетучиваются в виде NH_3 и NO_x в каждой системе сбора и хранения, взяты из таблицы 10.22. Учитывая,

что в системах сухого хранения, которые используются при содержании птицы в РФ, применяется подстилка, для птицы были использованы коэффициенты по категории «домашняя птица с подстилкой». Коэффициенты потерей азота с улетучиванием, использованные в кадастре, приведены в таблице 5.14.

Таблица 5.14

Коэффициенты потерь азота из систем сбора и хранения с улетучиванием $N-NH_3$ и $N-NO_x$ ($Frac_{ГазMS}$) и общие потери азота, %

| Категория сельскохозяйственных животных и птицы | Потери азота с улетучиванием $N-NH_3$ и $N-NO_x$ | | Общие потери азота | |
|---|--|----------------|--------------------|----------------|
| | Жидкое хранение | Сухое хранение | Жидкое хранение | Сухое хранение |
| Коровы | 40 | 30 | 40 | 40 |
| КРС (без коров) | 40 | 45 | 40 | 50 |
| Птица | | 40 | | 50 |
| Овцы | | 12 | | 15 |
| Козы | | 12 | | 15 |
| Свиньи | 48 | 45 | 48 | 50 |
| Лошади | | 12 | | 15 |
| Верблюды | | 12 | | 15 |
| Мулы | | 12 | | 15 |
| Ослы | | 12 | | 15 |
| Северные олени | | 12 | | 15 |
| Кролики | | 12 | | 15 |
| Пушные звери (лисицы, песцы, норки) | | 12 | | 15 |
| Нутрии | 25 | 12 | 35 | 15 |

Коэффициент косвенного выброса закиси азота от улетучивания взят по умолчанию и соответствует 0,01 кг N_2O-N /кг улетучившихся $NH_3-N + NO_x-N$ (табл. 11.3 (МГЭИК, 2006)). Для оценки количества азота, вносимого в обрабатываемые почвы, рассчитывали общие потери азота из систем сбора и хранения навоза и помета, а также определяли количество азота подстилки, применяемой в системах сухого хранения. Коэффициенты общих потерь азота взяты из соответствующей таблицы 10.23 (МГЭИК, 2006) и приведены в таблице 5.14 выше. Количество азота навоза и помета, которое остается в системах сухого хранения (т.е. за вычетом общих потерь азота), в отчетный год равно 998 032 400,64 кг N, а в системах жидкого хранения равно 251 782 928,50 кг N.

Согласно национальным нормам технологического проектирования (НТП– АПК 1.10.05.001-01, 2001; НТП-99, 1999) хранение навоза в сухом виде предполагает использование подстилки (как правило, на соломе). В национальной классификации бесподстилочный навоз относится к жидким системам (с содержанием воды 90-93%) или к навозным стокам (с содержанием воды более 93%), которые рассмотрены в кадастре в категории жидкого хранения. Согласно этой информации, были проведены оценки использования подстилки при содержании животных и птицы в стойлах с применением систем сухого хранения.

В качестве подстилки при содержании сельскохозяйственных животных, как правило, используется солома зерновых культур. Эта биомасса не входит в расчет растительных остатков, поступающих в сельскохозяйственные почвы в подкатегории 3D1.4, т.к. является побочной продукцией, в то время как, в 3D1.4 в расчет включены только пожнивные и корневые остатки (см. раздел 5.7.2.).

Нормы применения подстилки в расчете на 1 голову животных в сутки были взяты из (НТП-99, 1999). Эти данные были переведены в единицы сухого вещества. Содержание азота

в соломе были приняты равным 0,45% (Левин, 1977). Затем данные были переведены в единицы массы азота на 1 голову в год, учитывая, при этом, количество дней в году, которое животные проводят в стойлах с применением систем сухого хранения. Данные (НТП-99, 1999) приводятся для коров, другого поголовья КРС, свиней, овец и лошадей. Нормы подстилки для остальных животных были приняты следующими: для коз равными нормам для овец, для мулов, ослов, верблюдов и северных оленей – по нормам для лошадей с учетом соотношения их средних масс. Например, соотношение массы ослов и мулов и массы лошадей соответствует $130/300=0,394$. Таким образом, норма азота подстилки для мулов и ослов рассчитана равной $9,49*0,394=3,74$ кг N/голову*год. Кролики и пушные звери, как правило, содержатся без подстилки. Результаты расчетов по животным приведены в таблице 5.15.

Таблица 5.15

Количество азота подстилки животных в системах сухого хранения

| Категория сельскохозяйственных животных и птицы | Норма подстилки при 15% влажности, кг/гол.*сут (НТП-99, 1999) | Норма подстилки на сух. вещество, кг/гол.*сутки | Количество азота в подстилке, кг N/голову*сут | Количество азота в подстилке, кг N/голову*год (по доле годового времени, проведенного в стойлах с применением системы сухого хранения) |
|---|---|---|---|--|
| Коровы | 0,5 | 0,4 | 0,00191 | 0,60 |
| КРС (без коров) | 1 | 0,9 | 0,00383 | 0,94 |
| Овцы | 0,2 | 0,2 | 0,00079 | 0,24 |
| Козы | – | – | – | 0,24 |
| Свиньи | 0,6 | 0,5 | 0,00216 | 0,12 |
| Лошади | 8,3 | 7,1 | 0,03188 | 9,49 |
| Верблюды | – | – | – | 6,24 |
| Мулы | – | – | – | 3,74 |
| Ослы | – | – | – | 3,74 |
| Северные олени | – | – | – | 4,32 |

Нормы подстилки для разных видов птицы были определены по национальным нормам технологического проектирования птицеводческих предприятий (НТП – АПК 1.10.05.001-01, 2001) и приведены в таблице 5.16.

Нормы азота подстилки для категорий «другая взрослая птица» и «молодняк другой птицы» были рассчитаны как средние по соответствующим данным уток, индеек и цесарок. Общая величина азота подстилки, поступающая в почвы из систем хранения в 2023 г., соответствует 48 859 888,48 кг N.

Таким образом, общее количество азота, поступающего из систем сбора и хранения навоза и помета для последующего внесения в почвы, рассчитывается по уравнению 5.5.

$$N_{MMS_Avb} = N_{Liq} + N_{Dry} + N_{Bedding} \quad (5.5)$$

где: N_{MMS_Avb} – количество азота, поступающего из систем сбора и хранения навоза и помета для последующего внесения в почвы, кг N/год;

N_{Liq} – количество азота, поступающего из систем жидкого хранения, кг N/год;

N_{Dry} – количество азота, поступающего из систем сухого хранения, кг N/год;

$N_{Bedding}$ – количество азота, поступающего из подстилки, используемой в системах сухого хранения, кг N/год.

В 2023 г. общая величина азота в системах хранения навоза и помета для последующего внесения в почвы соответствует величине 1 298 675 217,62 кг N (см. табл. 5.17).

Таблица 5.16

Количество азота подстилки животных в системах сухого хранения

| Категории птицы | Норма подстилки на период содержания птицы, кг на 1 гол. | | Количество дней в периоде содержания, сутки | Количество азота в подстилке, кг N/голову* сутки | Количество азота в подстилке, кг N/голову*год |
|--------------------------------------|--|--------------|---|--|---|
| | при 15% влажности | на сух. в-во | | | |
| птица, среднее | 12,7 | 10,8 | 109 | 0,00045 | 0,15 |
| несушки | 5,5 | 4,7 | смена подстилки раз в год | 0,02104 | 0,02 |
| мясные | 6 | 5,1 | смена подстилки раз в год | 0,02295 | 0,02 |
| гуси (на год) | 40 | 34,0 | смена подстилки раз в год | 0,15300 | 0,14 |
| утки взрослые (от 22 до 29 недель) | 20 | 17,0 | 49 | 0,00156 | 0,53 |
| индейки (от 18 до 36 недель) | 30 | 25,5 | 126 | 0,00091 | 0,31 |
| цесарки (от 21 до 30 недель) | 8 | 6,8 | 63 | 0,00049 | 0,17 |
| молодняк кур | 1,75 | 1,5 | смена подстилки раз в год | 0,00669 | 0,01 |
| молодняк уток (от 1 до 22 недель) | 10,85 | 9,2 | 154 | 0,00027 | 0,09 |
| молодняк индеек (от 1 до 18 недель) | 6,4 | 5,5 | 126 | 0,00020 | 0,07 |
| молодняк гусей (от 1 до 30 недель) | 9,2 | 7,8 | 210 | 0,00017 | 0,06 |
| молодняк цесарок (от 1 до 20 недель) | 2,5 | 2,1 | 140 | 0,00007 | 0,02 |

Таблица 5.17

Количество азота, поступающего из систем сбора и хранения навоза для последующего внесения в почвы, кг N

| Годы | Системы жидкого хранения | Системы сухого хранения | | Всего |
|-------------|--------------------------|-------------------------|----------------|------------------|
| | | азот навоза и помета | азот подстилки | |
| 1990 | 475 214 713,92 | 2 202 696 559,80 | 112 561 105,48 | 2 790 472 379,20 |
| 1995 | 253 369 890,33 | 1 590 140 398,96 | 86 038 091,75 | 1 929 548 381,05 |
| 2000 | 146 050 872, 39 | 1 013 030 411,41 | 57 410 123,07 | 1 216 491 406,87 |
| 2005 | 105 564 366,90 | 950 299 812,51 | 51 467 860,71 | 1 107 332 040,11 |
| 2010 | 136 711 825,08 | 1 020 977 083,73 | 53 392 732,07 | 1 211 081 640,87 |
| 2012 | 154 807 016,20 | 1 009 511 509,32 | 51 488 612,40 | 1 215 807 137,92 |
| 2013 | 174 074 089,92 | 1 028 465 004,49 | 52 237 098,90 | 1 254 776 193,31 |
| 2014 | 178 254 666,05 | 1 017 560 581,75 | 52 722 530,55 | 1 248 528 778,34 |
| 2015 | 183 161 332,29 | 1 033 342 974,95 | 52 799 262,93 | 1 269 303 570,16 |
| 2016 | 205 395 689,58 | 1 019 596 728,08 | 54 425 042,10 | 1 279 417 459,76 |
| 2017 | 211 653 762,95 | 1 028 902 299,52 | 52 919 759,10 | 1 293 475 821,57 |
| 2018 | 222 300 726,76 | 1 027 839 643,42 | 51 530 729,26 | 1 301 671 099,44 |
| 2019 | 231 904 485,49 | 992 363 934,62 | 50 956 513,47 | 1 275 224 933,58 |
| 2020 | 241 194 861,55 | 1 003 108 895,23 | 51 505 139,45 | 1 295 808 896,23 |
| 2021 | 260 321 398,39 | 995 465 155,08 | 49 984 543,91 | 1 305 771 097,38 |
| 2022 | 259 749 351,69 | 977 265 200,04 | 47 971 754,51 | 1 284 986 306,25 |
| 2023 | 251 782 928,50 | 998 032 400,64 | 48 859 888,48 | 1 298 675 217,62 |

5.4.2.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

См. раздел 5.2.3 выше.

5.4.2.4 Обеспечение и контроль качества

См. раздел 5.2.4 выше.

5.4.2.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

- для всех лет период 1990 – 2022 пересчитаны значения выбросов закиси азота;
- скорректированы доли жидких и твердых систем хранения навоза для КРС (без коров) за период с 2017 – 2022 годы и скорректированы значения коэффициента экскреции (N_{ex}) азота для КРС (без коров).

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.5 Выращивание риса (3.C)**5.5.1 Характеристика категории**

В России рисовые чеки занимают относительно небольшую площадь пахотных угодий (менее 0,3%). На территории России выращивание риса производится на полях при постоянном затоплении.

Результаты расчета выброса CH_4 с рисовых полей за рассматриваемый период представлены в таблице 5.18. Выбросы метана из рисовых полей в среднем оцениваются около 1% от общего выброса CH_4 в сельском хозяйстве. Значительное уменьшение газообразных потерь углерода в форме CH_4 с 1990 года обусловлено сокращением площади, занятой рисовыми чеками в аграрном секторе страны.

Таблица 5.18

Выбросы CH_4 при выращивании риса, тыс. тонн

| Годы | Выброс CH_4 , тыс. тонн |
|-------------|---------------------------|
| 1990 | 34,23 |
| 1995 | 20,15 |
| 2000 | 20,79 |
| 2005 | 17,24 |
| 2010 | 24,91 |
| 2012 | 24,67 |
| 2013 | 23,22 |
| 2014 | 24,06 |
| 2015 | 24,88 |
| 2016 | 25,41 |
| 2017 | 23,02 |
| 2018 | 22,49 |
| 2019 | 23,91 |
| 2020 | 24,38 |
| 2021 | 23,49 |
| 2022 | 21,24 |
| 2023 | 23,64 |

5.5.2 Методологические подходы

Информация о посевных площадях риса в хозяйствах всех категорий за период с 1990 по 2023 гг. включительно взята из официальных статистических публикаций Росстата, приведенных на веб-сайте Росстата (Госкомстат России, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2022; интернет-портал Росстата (<https://rosstat.gov.ru>)).

Расчет выбросов CH_4 от рисоводства произведен по уравнению 5.1 из главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006) в соответствии с Уровнем 1. Согласно рекомендациям МГЭИК рассчитывается средний суточный коэффициент выбросов в течение периода культивации. Для расчета использовали уравнение 5.2 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006).

Базовый коэффициент выбросов для постоянно затопленных полей без внесения органических добавок (E_{Fc}) принят по умолчанию равным 1,3 кг $\text{CH}_4/\text{га}/\text{сутки}$ в соответствии с таблицей 5.11 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006).

Коэффициент масштабирования для расчета эмиссий метана по водному режиму в течение культивации риса (S_{Fw}) принят для условий постоянного затопления равным 1 в соответствии с таблицей 5.12 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006).

Учитывая, что согласно условиям возделывания риса в России рисовые чеки затопляют только при появлении у посевов 2-3 листьев, коэффициент масштабирования для расчета выбросов CH_4 по водному режиму до периода культивации риса (S_{Fp}) принят для условий незатопленных полей более 180 дней до периода культивации. В соответствии с таблицей 5.13 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006) его величина соответствует 0,68.

Поправочный коэффициент для разных типов почв, разных сортов риса, техники и т.п. (S_{Fc}, r) в настоящем кадастре не применялся ввиду отсутствия детальной соответствующей статистической информации.

Для расчета поправочного коэффициента при внесении органических добавок (S_{Fo}) применяли уравнение 5.3 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006). В России производят запахивание пожнивных остатков риса в почвы, а также применяют навоз (после хранения) в качестве органических добавок. Учитывая, что навоз преимущественно поступает из систем сухого хранения с использованием подстилки, для расчета поправочного коэффициента использованы также данные по умолчанию для компоста из таблицы 5.14 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006).

Расчет количества пожнивных остатков (в сухом весе) производили по урожайности риса в соответствии с уравнениями (Левин, 1977), которые приведены в разделе 5.7 ниже. Содержание углерода в надземной биомассе риса принято равным 46,87% (Левин, 1977). Данные по урожайности риса взяты из статистической информации Росстата. Учитывая, что подготовка почвы, включая запахивание пожнивных остатков, производится в России осенью, конверсионный коэффициент для органических добавок (относительное воздействие по сравнению с внесением соломы сразу перед культивацией) C_{FOAi} был принят по таблице 5.14 главы 5 тома 4 как внесение соломы риса задолго до культивации (до 30 дней) и принят равным по умолчанию 0,29 (МГЭИК, 2006).

Дозы внесения органических добавок (подстилочный навоз) определяли в расчете на влажный вес, тонн/га. На основе полученных статистических данных о внесении органических добавок под посевы риса в Краснодарском крае были определены средние дозы внесения органических добавок. Краснодарский край является ведущим производителем риса в России. Так, в 1990 г. площади рисовых чеков в крае соответствовали более 53,7% от общей посевной площади риса в России, а в 2020 г. эта величина соответствовала 64,2%. По данным администрации Краснодарского края в 1990 г. под 154,0 тыс. га риса было внесено 73,5 тыс. тонн органических добавок. В 2007 г. на площади 121,6 тыс. га внесли 20,7 тыс. тонн, в 2012 г. на площади 133,3 тыс. га – 25,0 тыс. тонн, а в 2013 г. под площадь 126,4 тыс. га внесли 31,1 тыс. тонн органики. Для определения среднего внесения органических добавок в стране эти величины были округлены в большую сторону в соответствии с консервативным подходом, и определены около 0,5 тонн/га в 1990 г., 0,2 тонн/га для 2007-2012 гг. и для 2013 г. – 0,25 тонн/га. Для лет периода 1991-2006 дозы внесения органических добавок были определены на основе интерполяции существующих данных. Например, для 1991 г. принято внесение 0,5 тонн/га; для 1992 – 0,48 тонн/га; 1993 – 0,46 тонн/га ... 2005 – 0,22 тонн/га и 2006 – 0,21 тонн/га. С 2014 г. в расчетах используются статистические данные по внесению органических удобрений под посевы риса в стране. В последний год кадастра внесение органических удобрений под рис соответствовало 0,17 тонн/га.

Как указано выше, для определения конверсионного коэффициента для органических добавок (относительное воздействие по сравнению с внесением соломы сразу перед культивацией) CFOAi использовали данные по умолчанию из таблицы 5.14 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006) для навоза и компоста и определяли среднее значение, которое соответствует 0,095.

Используя количество запаханных пожнивных остатков риса и нормы вносимых органических добавок, был рассчитан коэффициент масштабирования SF₀. Для отчетного года его величина соответствует 1,17.

Для определения среднего периода культивации риса были собраны данные по наиболее распространенным сортам риса в России. Они подразделяются на скороспелые сорта с периодом культивации (сорт Новатор) от 100 до 105 суток, среднеспелые (сорта Лимон, Регул, Янтарь) – от 114 до 117 суток и позднеспелые (сорт Рапан) – от 118 до 120 суток. Для гарантии консервативного подхода в расчетах была использована максимальная величина, равная 120 суткам. Средние периоды культивации наиболее распространенных сортов риса были получены на основе анализа доступной литературы на интернет-странице Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края <http://www.dsh.krasnodar.ru/activities/>, информации Национального аграрного портала <http://www.agrostrana.ru/wiki/400-ris> и Агропромышленного портала Юга России http://www.agroyug.ru/page/item/_id-538/.

5.5.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность выполненного кадастра определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Исходная информация по численности животных бралась из данных государственной статистической отчетности, которые имеют высокую степень достоверности (ошибка составляет не более 5%). Переводные коэффициенты по умолчанию, использованные в расчетах, были взяты из методики МГЭИК (МГЭИК, 2006). Для пересчетных коэффициентов и параметров по умолчанию были использованы рекомендованные в методиках 95% доверительные интервалы. Поскольку исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

5.5.4 Обеспечение и контроль качества

Для данной категории выполняется стандартный набор методов контроля качества. Учитывая, что выбросы CH₄ при выращивании риса не относятся к ведущим источникам в сельском хозяйстве России отдельные процедуры обеспечения качества оценок именно по данной категории не применялись.

5.5.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

- скорректированы значения выбросов метана от выращивания риса за 2018 и 2021 годы

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.6. Прямые выбросы от земель сельскохозяйственного назначения (3.D1)

5.6.1 Характеристика категории

В России аграрный сектор является ведущим источником антропогенного выброса N₂O в атмосферу. При этом основной вклад в общий национальный выброс N₂O дают сельскохозяйственные земли, включая обрабатываемые торфяные почвы. Прямой выброс N₂O из сельскохозяйственных почв в 2023 г. соответствовал 70,6% общего выброса закиси азота от сельского хозяйства.

Для расчета прямого выброса N_2O применялись рекомендуемые методики (МГЭИК, 2006), в целом соответствующие Уровню 2 согласно уравнению 11.2 (т.к. для оценки выброса от внесенных минеральных удобрений разработаны подробные национальные коэффициенты для разных типов почв). При этом для наиболее значимого источника антропогенного азота в сельскохозяйственных почвах – для оценки выброса от остатков культурных растений разработана национальная методология. Для оценки выброса при культивации органогенных почв использована методология в соответствии с Уровнем 1 (Wetland supplement, 2014) и комбинация национальных коэффициентов выброса и коэффициентов по умолчанию.

На рисунке 5.5 показаны прямые выбросы N_2O при использовании минеральных и органических удобрений, разложении растительных остатков, оставленных на полях, азота навоза, оставленного на пастбищах, а также от культивации органогенных почв на обрабатываемых землях и кормовых угодьях в течение рассматриваемого периода.

Ведущим источником выброса закиси азота в аграрном секторе России в 1990 г. являлось внесение минеральных азотных удобрений (39,8 %), в 2023 г. вклад выбросов в результате внесения минеральных азотных удобрений составил (35,1%). При резком снижении объемов вносимых минеральных удобрений и сокращении поголовья сельскохозяйственных животных минерализация растительных (пожнивных и корневых) остатков обуславливает от 22,7 % (в 1990 г.) до 32,1 % (в 2023 г.) ежегодного поступления антропогенного азота в сельскохозяйственные земли. В 1990 г. использование азотных удобрений определило поступление в атмосферу около 91 тыс. тонн N_2O . В 2023 г. эта величина составила 52,2 % от уровня 1990 г. (47,6 тыс. тонн) и доля минеральных удобрений в прямых выбросах N_2O сократилась от 39,8% до 35,5 % за период с 1990 по 2023 г. Вклад органических удобрений (навоза и помета) в среднем в течение исследуемого периода составляет 19,1 %, составляя 18,6 % (в 1990 г.) и 14,9 % (в 2023 г.); вклад навоза, оставленного на пастбищах, составляет 9,7% (в 1990 г.) и 5,8 % (в 2023 г.); вклад органогенных земель увеличился от 9 % (в 1990 г.) до 11,8 % (в 2023 г.) от общего прямого выброса N_2O от сельскохозяйственных земель страны соответственно.

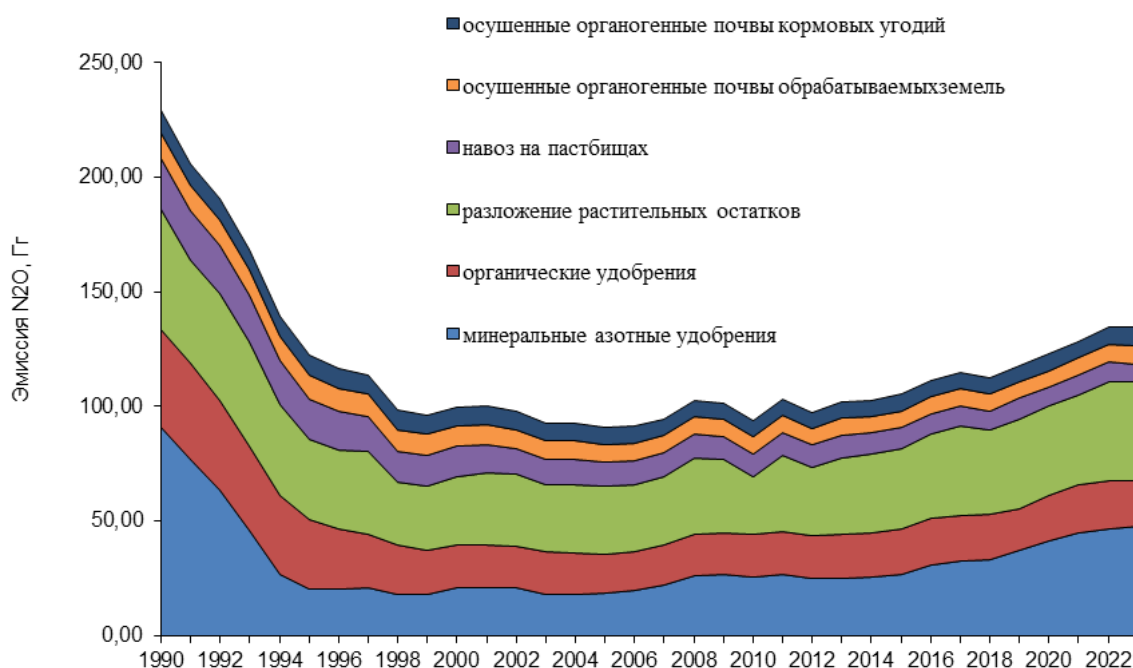


Рисунок 5.5 – Прямой выброс N_2O от сельскохозяйственных земель Российской Федерации за исключением выбросов в результате минерализации азота

5.6.2 Методологические подходы

Минеральные удобрения (3D1.1). Необходимые сведения об общем количестве внесенных в сельскохозяйственные земли минеральных азотных удобрений в 1994, 1995 и 1998 гг. взяты из материалов ежегодных статистических сборников (Госкомстат России, 1995, 1996, 1999). Данные по внесению минеральных азотных удобрений для 2000-2002 гг. предоставлены Министерством сельского хозяйства РФ. Количество азотных удобрений, использованных в 1990, 1993 и после 2003 г., были получены из отчетных материалов Росстата и данных статистики на Интернет-портале Росстата (<https://rosstat.gov.ru>). Внесение азотсодержащих минеральных удобрений в 1996, 1997 и 1999 гг. было получено расчетным путем на основе статистических данных по внесению всех минеральных удобрений (Госкомстат России, 1998) и соотношения между общим количеством минеральных удобрений и использованных азотных удобрений за известные годы (в 1995 и 1998 гг.). Так, доля азотсодержащих в общем количестве минеральных удобрений в 1995 и 1998 гг. составляла в среднем около 64,4%. Величины вносимых минеральных азотных удобрений за 1991 и 1992 гг., в течение которых статистическая отчетность в РСФСР (1991) и РФ (1992) по удобрениям не собиралась, были получены при помощи метода графической интерполяции данных о применении удобрений за известные годы (Романовская, 2000) в соответствии с рекомендациями МГЭИК (МГЭИК, 2006). Количества вносимых минеральных азотных удобрений под рисовые поля для 1990 и 1993-2014 гг. были также взяты из данных национальной статистики Росстата. Данные о внесении минеральных азотных удобрений под рис в 1991 и 1992 гг. были получены методом интерполяции между известными данными за 1990 и 1993 годы.

Ежегодное внесение азотных удобрений на разных типах почв рассчитывалось на основе данных об общем количестве вносимых азотных удобрений в стране и соотношения основных типов почв в структуре пахотных земель России. Так, доля черноземов в общей площади сельскохозяйственных почв в стране составляет 64,1%, доля дерново-подзолистых почв – 14,7% и на остальные типы почв приходится 21,2% (РАСХН, 1995; Минсельхоз РСФСР и др., 1980).

В соответствии со сноской 11 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006) количества вносимых минеральных азотных удобрений (F_{SN}) и вносимых органических азотных удобрений (F_{ON}) не корректируются с учетом количеств NH_3 и NO_x , улетучивающихся после внесения удобрений в почву.

Расчет прямого выброса N_2O от внесенных азотных удобрений на черноземах и дерново-подзолистых почвах выполнялся с использованием уточненных национальных коэффициентов (Romanovskaya et al., 2002), которые были получены на основе анализа данных литературы по определению газообразных потерь азота в виде N_2O в полевых и лабораторных опытах на разных типах почв. На основании проведенного анализа данных (Романовская, 2000; Romanovskaya et al., 2002) определена продолжительность почвенной эмиссии N_2O при однократном внесении азотсодержащих удобрений, которая составляет в среднем 140 дней. Кроме того, были рассчитаны среднесуточные величины выброса N_2O для черноземов и дерново-подзолистых почв, которые составляют 0,009 и 0,017% от внесенного азота соответственно (Борисова и др., 1978; Соловьева и др., 1988; Умарова и др., 1996; Christensen, 1985; Svensson et al., 1985). Коэффициенты выброса N_2O от минеральных удобрений для черноземов и дерново-подзолистых почв определены умножением соответствующих значений среднесуточного выброса закиси азота и его продолжительности (140 дней) в течение первого года после внесения. Газообразные потери N_2O для других типов почв определяли по коэффициенту, рекомендованному в Руководящих принципах МГЭИК (МГЭИК, 2006), который соответствует 1%. Для затопляемых рисовых полей рекомендован отдельный коэффициент прямого выброса закиси азота от минеральных азотных удобрений, который соответствует 0,003 кг N_2O –N/кг N (таблица 11.1 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)). В целом, методология расчета соответствует Уровню 2 (МГЭИК, 2006). Рассчитанные величины минеральных азотсодержащих удобрений, внесенных на черноземы, дерново-подзолистые, другие типы почв и под рисовые поля аграрного сектора страны, используемые пересчетные коэффициенты и соответствующий выброс N_2O для 2023 г. приведены в таблице 5.19.

Таблица 5.19

Внесение минеральных азотных удобрений, коэффициенты выброса и выброс N₂O от минеральных азотных удобрений в отчетном году

| | Черноземы | Дерново-подзоли- стые почвы | Другие типы почв | Внесение под рис |
|--|----------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Внесение минеральных азотных удобрений, тыс. тонн N | 1416,98 | 324,95 | 468,63 | 17,33 |
| Коэффициенты выброса, кг N-N ₂ O/кг N внесенных удобрений | 0,0126 ¹⁾ | 0,0238 ¹⁾ | 0,01 ²⁾ | 0,003 ²⁾ |
| Выбросы N-N ₂ O, тыс. тонн | 17,85 | 7,73 | 4,69 | 0,0000 |

¹⁾ Национальные коэффициенты (Романовская, 2000; Romanovskaya et al., 2002).

²⁾ Коэффициент, рекомендованный МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Рассчитанное значение национального коэффициента потерь N₂O для черноземов близко к величине МГЭИК, в то время как коэффициент выброса для дерново-подзолистых почв заметно выше. Это можно объяснить различиями в свойствах исследуемых почв, которые оказывают определяющее действие на интенсивность эмиссии N₂O. Высокая влажность, сильная кислотность и недостаточная аэрация дерново-подзолистых почв может обуславливать повышенную эмиссию N₂O (Куракова, Умаров, 1984; Макаров, 1967, 1994; Степанов, 2000).

Органические удобрения (3D1.2). Оценка выброса N₂O при внесении органических удобрений выполнена в соответствии с Уровнем 1 методики МГЭИК (МГЭИК, 2006).

В соответствии с уравнением 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006) количество азота, вносимого с органическими удобрениями, включает азот навоза и помета, поступающего из систем сбора и хранения для внесения в почвы (F_{AM}); азот сточных вод (F_{SEW}); азот в компосте (исключая компост на основе навоза/помета) (F_{COMP}) и азот других органических добавок (F_{OOA}).

Внесение сточных вод в почвы в РФ не производится ввиду высокой токсичности остатков и их загрязнения тяжелыми металлами и гельминтами. Заготовка компостов предусматривает добавление подстилочного навоза или помета из систем сухого хранения, поэтому величина (F_{COMP}) не оценивалась во избежание двойного учета. Внесение в культивируемые почвы дополнительных видов органических добавок также не производится: отходы пивоварения, отходы переработки непищевого животного сырья учтены в секторе Отходы.

Учитывая указанное выше, азот органических удобрений в настоящем кадастре включает только азот навоза и помета, поступающего для внесения в обрабатываемые почвы из систем хранения. В соответствии с уравнением 11.4 (глава 11 том 4 (МГЭИК, 2006)) необходимо учесть фракцию азота навоза и помета, используемую в качестве топлива, для строительства или для кормления. Данные виды использования навоза/помета в РФ не существуют, поэтому соответствующие величины были приняты равными нулю.

Таким образом, F_{AM} в кадастре равно величине N_{MMS_Avb} (количество азота, поступающего из систем сбора и хранения навоза и помета для последующего внесения в почвы), которое определено в разделе 3B2.

Отдельно рассчитано количество органических удобрений, вносимых под рисовые поля. Для этого использованы статистические данные Росстата по посевным площадям риса и среднему внесению органических удобрений в расчете на гектар. Величина, полученная умножением этих величин, соответствует общему внесению органических удобрений под рис. Для исключения двойного учета эта величина была вычтена из общего количества F_{AM} (т.е. из общего количества азота, поступающего из систем сбора и хранения навоза и помета для последующего внесения в почвы).

Коэффициент выбросов N₂O от органических удобрения принят равным по умолчанию 0,01 кг N₂O–N/кг N, а коэффициент выбросов от внесения под рисовые поля – 0,003 кг N₂O–N/кг N (таблица 11.1 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)).

В 2023 г. прямые выбросы N₂O от внесения органических удобрений в обрабатываемые почвы, включая внесение под рис, соответствовали величине 12,66 тыс. тонн N₂O–N.

Навоз, оставленный животными на пастбищах (3D1.3). Расчет выбросов закиси азота при содержании сельскохозяйственных животных на пастбищах и в огороженных выпасах выполнен на основе данных по суммарной массе азота, произведенного животными при выпасе и птицей за год, определенных в категории 3B2.

В соответствии с рекомендациями МГЭИК, коэффициенты выброса закиси азота для пастбищного навоза по умолчанию подразделяются по видам животных: для навоза КРС, коров, свиней и птицы соответствует $0,02 \text{ кг N}_2\text{O} - \text{N/кг N}$; для овец и остальных видов пастбищных животных – $0,01 \text{ кг N}_2\text{O} - \text{N/кг N}$ (МГЭИК, 2006).

В 2023 году выброс N_2O от навоза и помета, оставленных на пастбищах и огороженных выпасах составил 4,95 тыс. тонн $\text{N}_2\text{O}-\text{N}$.

Растительные остатки (3D1.4). В соответствии со сноской 2 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006) выбросы N_2O от фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями культивируемых растений (азотфиксаторов) не считаются прямым источником N_2O вследствие отсутствия доказательства значительных выбросов, происходящих в результате самой фиксации. Поэтому в настоящем кадастре данный источник выбросов не рассматривался.

Запахивание оставленных на полях пожнивных и корневых остатков сельскохозяйственных культур является одним из основных антропогенных источников атмосферного выброса закиси азота в России. Количество азота растительных остатков, поступающего в сельскохозяйственные почвы аграрного сектора, оценивалось в соответствии с разработанной национальной методикой (Романовская и др., 2002) на основе анализа данных литературы по оценке баланса питательных веществ в севооборотах (Левин, 1977, 1983; Ломако, 1992а, 1992b; Унежев, 1996; Чупрова, 1997). Выбор для расчетов соответствующих уравнений регрессии и коэффициентов, разработанных Левиным для определения массы азота, поступающего в почвы при минерализации растительных остатков (Левин, 1977, 1983), обоснован несколькими причинами. Во-первых, исследования Левина выполнены на основе анализа большого количества экспериментального материала на всей территории России.

Во-вторых, данная методика учитывает летнее поступление отмирающей биомассы растений, которое по некоторым оценкам составляет от 60 до 80% общего количества неутилизируемой мортмассы (Чупрова, 1997). Ниже представлен общий вид уравнений, используемых в расчетах:

$$Ab \text{ или } Un = \sum_i ((a_i Y_i + b_i) \cdot N_i) \cdot S_i, \quad (5.6)$$

где: Ab – масса азота, поступающего в почву при разложении поверхностных (Un – корневых) остатков культурных растений определенного вида i (кг N);

Y_i – урожайность основной продукции данной культуры (ц сух. в-ва/га);

a_i и b_i – соответствующие коэффициенты для расчета массы поверхностных (корневых) остатков данной сельскохозяйственной культуры при определенном уровне урожайности (Левин, 1983);

N_i – содержание азота в поверхностных (корневых) остатках данной культуры (кг N/кг сух. массы) (Левин, 1977);

S_i – посевная площадь данного вида растений (га).

Азот поверхностных (Ab) и корневых (Un) остатков всех культур суммируются за каждый год. Полученная величина используется для расчета выброса N_2O почв при минерализации растительных остатков. В обобщенном виде разработанная система уравнений для расчета количества азота, поступающего в почву с растительными остатками сельскохозяйственных культур, и последующего выброса закиси азота (Romanovskaya et al., 2004), представлена в таблице 5.19. Точность расчетов по этим данным составляет $\pm 10\%$.

Уравнения для расчета количества азота, поступающего в почвы с растительными остатками

| Культура | Урожайность, ц/га | Азот, поступающий с | |
|--------------------------|----------------------|---|--|
| | | поверхностными остатками (Ab) | корнями (Un) |
| озимая рожь | 10-25 26-40 | $= (0,3 \cdot Y + 3,2) \cdot 0,45/100$ $= (0,2 \cdot Y + 6,3) \cdot 0,45/100$ | $= (0,6 \cdot Y + 8,9) \cdot 0,75/100$ $= (0,6 \cdot Y + 13,9) \cdot 0,75/100$ |
| озимая пшеница | 10-25 26-40 | $= (0,4 \cdot Y + 2,6) \cdot 0,45/100$ $= (0,1 \cdot Y + 8,9) \cdot 0,45/100$ | $= (0,9 \cdot Y + 5,8) \cdot 0,75/100$ $= (0,7 \cdot Y + 10) \cdot 0,75/100$ |
| яровая пшеница | 10-20 21-30 | $= (0,4 \cdot Y + 1,8) \cdot 0,65/100$ $= (0,2 \cdot Y + 5,4) \cdot 0,65/100$ | $= (0,7 \cdot Y + 10,2) \cdot 0,8/100$ $= (0,8 \cdot Y + 6) \cdot 0,8/100$ |
| ячмень | 10-20 21-35 | $= (0,4 \cdot Y + 1,8) \cdot 0,5/100$ $= (0,09 \cdot Y + 7,6) \cdot 0,5/100$ | $= (0,8 \cdot Y + 6,5) \cdot 1,2/100$ $= (0,4 \cdot Y + 13,45) \cdot 1,2/100$ |
| овес | 10-20 21-35 | $= (0,3 \cdot Y + 3,2) \cdot 0,6/100$ $= (0,15 \cdot Y + 6,12) \cdot 0,6/100$ | $= (1 \cdot Y + 2) \cdot 0,75/100$ $= (0,4 \cdot Y + 16) \cdot 0,75/100$ |
| просо | 5-20 21-30 | $= (0,2 \cdot Y + 5) \cdot 0,5/100$ $= (0,3 \cdot Y + 3,3) \cdot 0,5/100$ | $= (0,8 \cdot Y + 7) \cdot 0,75/100$ $= (0,56 \cdot Y + 11,2) \cdot 0,75/100$ |
| кукуруза на зерно | 10-35 | $= (0,23 \cdot Y + 3,5) \cdot 0,75/100$ | $= (0,8 \cdot Y + 5,8) \cdot 1/100$ |
| горох | 5-20 21-30 | $= (0,14 \cdot Y + 3,5) \cdot 1,25/100$ $= (0,2 \cdot Y + 1,7) \cdot 1,25/100$ | $= (0,66 \cdot Y + 7,5) \cdot 1,7/100$ $= (0,37 \cdot Y + 12,9) \cdot 1,7/100$ |
| гречиха | 5-15 16-30 | $= (0,25 \cdot Y + 4,3) \cdot 0,8/100$ $= (0,2 \cdot Y + 5,2) \cdot 0,8/100$ | $= (1,1 \cdot Y + 5,3) \cdot 0,85/100$ $= (0,54 \cdot Y + 14,1) \cdot 0,85/100$ |
| подсолнечник | 8-30 | $= (0,4 \cdot Y + 3,1) \cdot 1,4/100$ | $= (1 \cdot Y + 6,6) \cdot 1,2/100$ |
| картофель | 50-200 201-350 | $= (0,04 \cdot Y + 1) \cdot 1,8/100$ $= (0,03 \cdot Y + 4,1) \cdot 1,8/100$ | $= (0,08 \cdot Y + 4) \cdot 1,2/100$ $= (0,06 \cdot Y + 8,6) \cdot 1,2/100$ |
| сахарная свекла | 100-200 201-400 | $= (0,003 \cdot Y + 2,5) \cdot 1,4/100$ $= (0,02 \cdot Y + 0,8) \cdot 1,4/100$ | $= (0,06 \cdot Y + 5,45) \cdot 1,2/100$ $= (0,07 \cdot Y + 3,5) \cdot 1,2/100$ |
| овощи | 50-200 201-400 | $= (0,02 \cdot Y + 1,5) \cdot 0,35/100$ $= (0,006 \cdot Y + 3,6) \cdot 0,35/100$ | $= (0,06 \cdot Y + 5) \cdot 1/100$ $= (0,04 \cdot Y + 6) \cdot 1/100$ |
| кормовые корне- плоды | 50-200 201-400 | $= (0,003 \cdot Y + 2,4) \cdot 1,3/100$ $= (0,01 \cdot Y + 1) \cdot 1,3/100$ | $= (0,05 \cdot Y + 5,2) \cdot 1/100$ $= (0,05 \cdot Y + 5,5) \cdot 1/100$ |
| лен | 3-10 | $= (1,3 \cdot Y + 9,4) \cdot 0,8/100$ | |
| конопля | 3-10 | $= (2,2 \cdot Y + 9,1) \cdot 0,5/100$ | |
| силосные | 100-200 | $= (0,03 \cdot Y + 3,6) \cdot 0,8/100$ | $= (0,12 \cdot Y + 8,7) \cdot 1,2/100$ |
| кукуруза на силос | 100-200 201-350 | $= (0,03 \cdot Y + 3,6) \cdot 0,8/100$ $= (0,02 \cdot Y + 5) \cdot 0,8/100$ | $= (0,12 \cdot Y + 8,7) \cdot 1,2/100$ $= (0,08 \cdot Y + 16,2) \cdot 1,2/100$ |
| однолетние травы | 10-40 | $= (0,13 \cdot Y + 6) \cdot 1,1/100$ | $= (0,7 \cdot Y + 7,5) \cdot 1,2/100$ |
| многолетние травы | 10-35 36-60 | $= (0,2 \cdot Y + 6) \cdot 1,9/100$ $= (0,1 \cdot Y + 10) \cdot 1,9/100$ | $= (0,8 \cdot Y + 11) \cdot 2,1/100$ $= (1 \cdot Y + 15) \cdot 2,1/100$ |

Статистические данные по валовому сбору основной продукции и посевным площадям культурных растений приведены в Приложении V.4 (табл. V.4.3) настоящего Доклада. В настоящем кадастре урожайность растений рассчитана как частное от деления величины валового сбора на посевную площадь культуры.

Исходные данные по валовому сбору и посевным площадям культурных растений взяты из официальных статистических изданий Росстата и официальной статистической информации, приведенной на веб-сайте Росстата (Госкомстат России, 1995, 1998; Росстат, 2009-2022; интернет-сайт Росстата (<http://www.rosstat.gov.ru>)).

В кадастр включены также виды культурных растений с незначительным вкладом, в частности, рожь яровая, тритикале, сорго, прочие масличные культуры (рыжик, клещевина, кунжут, сафлор, арахис, мак масличный, сурепица, перилла, ляллеманция), прочие технические культуры (табак, цикорий, хлопок, махорка, конопля южная, лекарственные культуры и эфирно-масличные культуры), бахчевые культуры, остальные кормовые (бахчевые кормовые и кормовые на силос (без кукурузы)).

В соответствии со сноской 3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006) азот в остатках многолетних кормовых культур учитывается только в течение периодического обновления пастбищ, т.е. не обязательно каждый год, как в случае с однолетними культурами. Соответственно в кадастрах, представленных после 2016 года, остатки на естественных сенокосах исключены из расчета, т.к. периодического обновления этих сенокосов не производится. Для посевов многолетних трав период обновления принят равным 3 года в соответствии с консервативным подходом, хотя имеются данные, что посевы могут не обновляться в течение 7-10 лет.

При расчете урожайности многолетних и однолетних кормовых трав учитывали не только сбор трав на сено, но и сбор на силос, зеленый корм, сенаж и травяную муку. Учитывая, что статистика по последним представляется в расчете на зеленую массу, пересчет в массу сухого вещества был произведен с помощью переводного коэффициента (4,6), который получен при анализе доступных статистических данных по весу зеленой массы и в пересчете на сено (данные Росстата).

Для тех культурных растений, по которым не разработано видоспецифичных уравнений регрессии и коэффициентов, были использованы параметры наиболее биологически сходных видов (Вехови др., 1978). Так, растительные остатки риса и сорго рассчитывались по просу, масличных культур (рапса, горчицы, сои и прочих масличных) – по гороху, остатки бахчевых рассчитывали по овощным культурам, а прочих технических культур – по конопле. Растительные остатки тритикале (гибрид пшеницы и ржи) рассчитаны по уравнениям для озимой пшеницы.

В соответствии с рекомендациями (МГЭИК, 2006) поступление азота с растительными остатками риса не суммировалось с остальными культурными растениями и выбросы от остатков риса определялись по рекомендованному коэффициенту 0,003 кг N₂O–N/кг N (таблица 11.1 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)).

Минерализация/иммобилизация азота, связанная с потерями/накоплением почвенного органического вещества (3D1.5). Для оценки годового количества азота, минерализуемого в минеральных почвах в результате потерь почвенного углерода при изменении в землепользовании или управлении, было применено уравнение 11.8 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006). Согласно рекомендациям МГЭИК необходимо производить оценку выброса закиси азота при минерализации почвенного органического вещества на разных типах землепользования, включая обрабатываемые почвы, сенокосы и пастбища. В случае накопления почвенного органического вещества может быть оценена иммобилизация азота в почвах, однако рекомендуемых коэффициентов и пересчетных параметров в методике 2006 г. не приводится.

Оценка среднегодовых потерь почвенного углерода производится при переводе земель из кормовых в пахотные. Расчет проводится с применением Уровня 1 согласно руководящим принципам МГЭИК (МГЭИК, 2006), которые подразумевают одно и то же значение среднегодовых потерь почвенного углерода для каждого типа почв. Для последнего года кадастра значение среднегодовых потерь почвенного углерода для почв переведенных из кормовых угодий в пахотные составило 0,0016 тонн С/год.

Отдельно было оценено количество минерализованного азота в почвах под рисовыми полями. Для этого использованы данные по средним потерям углерода в почвах обрабатываемых земель (в расчете на гектар) и посевные площади риса в соответствующий год (данные Росстата). Умножением этих величин были оценены потери углерода в почвенном органическом веществе рисовых полей, и переведены в массу азота, как объяснено выше.

Изменения запасов углерода в почвах обрабатываемых земель (под рисовыми полями и во всех остальных почвах), соответствующее количество минерализованного азота и прямые выбросы от него приведены в таблице 5.21.

Таблица 5.21

Изменения запасов углерода в почвах обрабатываемых земель и прямой выброс N₂O при минерализации азота

| Годы | Изменения запасов почвенного органического углерода обрабатываемых земель, тыс. тонн С | | Минерализованный азот, тыс. тонн | | Выброс N ₂ O, тыс. тонн |
|------|--|--------------|--|--------------|------------------------------------|
| | все обрабатываемые почвы без рисовых полей | рисовые поля | все обрабатываемые почвы без рисовых полей | рисовые поля | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1990 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1995 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2005 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2010 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2012 | 992,98 | 329,78 | 99,30 | 32,98 | 0,002 |
| 2013 | 1455,35 | 311,46 | 145,53 | 31,15 | 0,002 |
| 2014 | 1444,63 | 322,18 | 144,46 | 32,22 | 0,002 |
| 2015 | 1823,54 | 330,99 | 182,35 | 33,10 | 0,003 |
| 2016 | 3132,62 | 339,90 | 313,26 | 33,99 | 0,005 |
| 2017 | 3930,44 | 305,73 | 393,04 | 30,57 | 0,006 |
| 2018 | 3938,91 | 297,25 | 393,89 | 29,73 | 0,006 |
| 2019 | 3918,27 | 317,90 | 391,83 | 31,79 | 0,006 |
| 2020 | 4271,90 | 322,87 | 427,19 | 32,29 | 0,007 |
| 2021 | 4480,16 | 311,61 | 448,02 | 31,16 | 0,007 |
| 2022 | 5986,83 | 285,06 | 598,86 | 28,51 | 0,009 |
| 2023 | 5957,70 | 314,18 | 595,77 | 31,42 | 0,009 |

Органогенные почвы (3D1.6). До 2024 года ежегодные статистические данные по площадям обрабатываемых/осушенных органогенных почв, в стране, отсутствуют. Поэтому их площадь определялись расчетным путем, на основании общей ежегодной культивируемой площади в стране (сумма посевных площадей, пара и многолетних насаждений) и доле осушенных почв.

В настоящем кадастре для проведения оценок выбросов закиси азота были применены уточненные данные по площадям осушаемых органогенных почв пахотных земель, полученные на основании предоставленных данных по площадям осушаемых органогенных почв Министерством сельского хозяйства РФ с уточнениями ФГБНУ ФИЦ "Почвенный Институт им. В.В. Докучаева» (Приложение 1 к письму от 16.09.2024 г. № 328/1-64). Подробное описание уточненных данных площадей осушенных органогенных почв приведено в секторе ЗИЗЛХ раздел 4В «Возделываемые земли».

Методология расчета соответствует Уровню 1 и выполняется по уравнению 2.7 (Wetland supplement, 2014).

Применен национальный коэффициент выброса N₂O от культивируемых торфяных и торфянистых почв. Согласно исследованию (Павлик, 2012) при выращивании многолетних трав на сено на торфяных почвах заливных лугов (агрозем торфяный типичный, агрозем торфяный глееватый, агрозем торфяно-минеральный типичный) средняя годовая эмиссия N₂O соответствовала 7± 2 кг N₂O-N/га в год по сравнению с контролем эмиссии на залежи.

Исследования (Павлик, 2012) выполнены на территории Агрофизического стационара Меньковского филиала Агрофизического НИИ Россельхозакадемии, располагающегося в Гатчинском районе Ленинградской области, на экспериментальном полигоне Владимирского Научно-исследовательского института сельского хозяйства (НИИСХ) (г. Суздаль, Владимирской области), в долинах рек Плония и Ина в Западно-Поморском регионе Польши. Измерения проводились с конца апреля до середины сентября 2008 г., 3-4 раза в месяц в 2-кратной

повторности. Учитывая, что основные области осушенных органогенных земель в России расположены на севере страны, где пахотные земли используются, в основном, для возделывания многолетних трав (отдельно или как часть севооборотов с преобладанием многолетних трав), исследование (Павлик, 2012), выполненное на почвах заливных лугов, считается репрезентативным. Вегетационный период 2008 г. характеризовался средними показателями температуры и влажности, характерными для северных регионов в последние десятилетия. В соответствии с подходами МГЭИК, основной причиной выброса N_2O на осушенных землях является минерализация азота в органическом веществе почвы после их осушения. Сам факт осушения вызывает постоянную усиленную минерализацию органического вещества почвы, а азот в дальнейшем теряется в результате процессов денитрификации/нитрификации. Поэтому величина выброса N_2O от осушенных органогенных почв не зависит от типа выращиваемых культур, в такой же мере, как, например, прямые выбросы N_2O от внесенных удобрений. Таким образом, было принято, что измерения, выполненные в исследовании (Павлик, 2012) для оценки выбросов N_2O от обычных видов торфяных почв в России, могут быть использованы для настоящего кадастра. Соответственно, значение 7 кг $N_2O-N/га$ было использовано для оценки выброса N_2O от культивируемых органогенных почв.

Согласно таблице 2.5 главы 2 (Wetland supplement, 2014) коэффициент прямого выброса закиси азота от осушенных органогенных почв на обрабатываемых землях бореального и тропического регионов равен 13 кг $N_2O-N/га$ (Wetland supplement, 2014). Национальный коэффициент ниже рекомендуемого на 46%. По-видимому, это обусловлено включением в коэффициент по умолчанию тропической зоны, где наблюдаются повышенные скорости минерализации почвенного органического вещества при осушении земель. В то время как на территории России большинство органогенных почв расположено в северных районах бореальной зоны и в зоне вечной мерзлоты с отрицательными среднегодовыми температурами и коротким вегетационным периодом, в течение которого может происходить минерализация почвенного органического вещества.

Площади органогенных почв и соответствующий выброс N_2O с них приведены в таблице 5.22.

Таблица 5.22

Уточненные значения площадей осушенных органогенных почв на обрабатываемых землях и выброс N_2O с их территории, тыс. тонн

| Годы | Площадь органогенных почв, га | Выброс N_2O , тыс. тонн |
|------|-------------------------------|---------------------------|
| 1990 | 1023321 | 11,27 |
| 1995 | 930900 | 10,23 |
| 2000 | 825189 | 8,86 |
| 2005 | 713653 | 7,85 |
| 2010 | 678476 | 7,46 |
| 2012 | 672708 | 7,40 |
| 2013 | 671178 | 7,38 |
| 2014 | 671447 | 7,39 |
| 2015 | 672761 | 7,40 |
| 2016 | 672654 | 7,40 |
| 2017 | 674774 | 7,42 |
| 2018 | 675847 | 7,43 |
| 2019 | 673969 | 7,41 |
| 2020 | 671152 | 7,38 |
| 2021 | 668817 | 7,36 |
| 2022 | 669464 | 7,36 |
| 2023 | 669899 | 7,37 |

Согласно рекомендациям методики МГЭИК (МГЭИК, 2006) прямой выброс N_2O от осушенных земель должен оцениваться для всех видов землепользования. В секторе сельского хозяйства в настоящем кадастре рассматриваются также выбросы N_2O от осушенных земель на территории сенокосов и пастбищ. В кадастрах, поданных до 2015 г., эти выбросы были включены в отчетность сектора ЗИЗЛХ (раздел 7.2.3.1 в НДК 2014) и ОТО в разделе в категории 5D.2.П «Выбросы иных, чем CO_2 , ПГ при осушении болот», в подкатегории «осушенные кормовые угодья».

До 2024 года общая площадь кормовых угодий была определена по данным (Госкомстат России, 1995b, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2015; Росреестр, 2007-2014), а с 2015 г. – на основании данных Росреестра на сайте (<https://rosreestr.ru/site>) и ответов Росреестра на официальные запросы Росгидромета. Площадь осушенных органогенных земель на территории кормовых угодий была определена расчетным путем на основании общей ежегодной площади сенокосов и пастбищ в стране и доле торфянистых и торфяных почв в кормовых угодьях России, которая по состоянию на 1980 г. составляла около 3,0% (Минсельхоз РСФСР, 1980).

В настоящем кадастре использованы уточненные значения площадей осушенных органогенных почв кормовых угодий, предоставленных Министерством сельского хозяйства РФ с уточнениями ФГБНУ ФИЦ «Почвенный Институт им. В.В. Докучаева». Подробное описание о получении уточненных значений площадей осушенных органогенных почв кормовых угодий приведено в секторе ЗИЗЛХ категория 4С «Постоянные сенокосы и пастбища».

Для оценки прямого выброса закиси азота от осушенных органогенных почв кормовых угодий применяли методику и рекомендуемые коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (Wetlands supplement, 2014).

Расчет выброса N_2O от осушенных органогенных почв кормовых угодий выполнен в соответствии с коэффициентом по умолчанию для осушенных луговых ценозов бореальной зоны 9,5 кг $N_2O-N/га/год$, приведенном в таблице 2.5, раздел 2.2.2.2, стр. 2.28-2.29 (Wetlands supplement, 2014).

Результаты расчета выброса N_2O от органогенных почв кормовых угодий и уточненные значения площадей приведены в таблице 5.23.

Таблица 5.23

*Выбросы закиси азота на территории органогенных почв
кормовых угодий, тыс. тонн*

| Годы | Площадь органогенных почв кормовых угодий, тыс. га | Выброс N_2O , тыс. тонн |
|------|---|---------------------------|
| 1990 | 645,04 | 6,13 |
| 1995 | 595,85 | 5,66 |
| 2000 | 546,66 | 5,19 |
| 2005 | 497,47 | 4,73 |
| 2010 | 475,16 | 4,51 |
| 2012 | 473,63 | 4,50 |
| 2013 | 472,77 | 4,49 |
| 2014 | 472,07 | 4,48 |
| 2015 | 471,70 | 4,48 |
| 2016 | 471,16 | 4,48 |
| 2017 | 472,02 | 4,48 |
| 2018 | 472,05 | 4,48 |
| 2019 | 472,96 | 4,49 |
| 2020 | 470,54 | 4,47 |
| 2021 | 471,19 | 4,48 |
| 2022 | 486,37 | 4,62 |
| 2023 | 484,42 | 4,60 |

Другие источники (3D1.7). Оценка выбросов CO_2 и CH_4 от органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в сенокосы и пастбища приведены в отчетности сектора ЗИЗЛХ, категория 4.C, раздел 4(II).

В связи с отсутствием данных по площадям переведенных пахотных земель в сенокосы и пастбища выбросы закиси азота от данных почв учтены в категории 3D1.6 Выбросы от органогенных почв кормовых угодий.

5.6.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность выполненного кадастра определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Исходные данные о поголовье животных брались по данным официальной статистической информации, которые имеют высокую степень достоверности (ошибка составляет не более 5%). Переводные коэффициенты по умолчанию, использованные в расчетах, были взяты из методики МГЭИК (МГЭИК, 2006). Для пересчетных коэффициентов и параметров по умолчанию были использованы рекомендованные в методиках 95% доверительные интервалы.

Разработанные национальные пересчетные коэффициенты выброса N_2O от минеральных азотных удобрений имеют неопределенность -95/+150% (Романовская, 2000). Точность оценки азота растительных остатков рассчитывалась последовательно для каждого вида растений отдельно для поверхностных и корневых остатков по уравнениям 3.1 и 3.2 главы 3 тома 1 (МГЭИК, 2006). Затем находили неопределенность суммы. Ошибка в определении доли органогенных почв в стране для 1990-2005 гг. экспертно оценивается как достаточно высокая и находится в пределах $\pm 50\%$. Для последних лет с 2006 года и далее эта величина составляет около $\pm 30\%$. Точность национального коэффициента выброса N_2O при культивации органогенных почв (Павлик, 2012) имеет неопределенность $\pm 28,5\%$, что значительно меньше неопределенности коэффициента по умолчанию (-88/+900%) (Wetland supplement, 2014).

Как указано выше, в результате уточнения площадей используемых органогенных почв их неопределенность сократилась от 50% до 30%. Применение национального коэффициента выброса N_2O от культивируемых органогенных почв позволило дополнительно снизить неопределенность оценок не только для данной категории (от 276,6% до 41,4%), но и общей неопределенности оценок в секторе.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованны.

5.6.4 Обеспечение и контроль качества

Для обеспечения и контроля качества данной подкатегории применялись общие процедуры Российского национального кадастра, приведенные в соответствующей главе НДК, а также специфичные для сектора сельского хозяйства (см. раздел 5.12 ниже).

Минеральные удобрения. Проводится контроль качества данных о внесении минеральных удобрений в почвы в соответствии с Уровнем 2 (МГЭИК, 2006). В связи с тем, что тренд данных по внесению, которые использованы в кадастре, показывает резкий спад количества вносимых удобрений, а тренд их производства, напротив, увеличивается в течение отчетного периода, возникла необходимость подтверждения надежности используемых данных.

Для выполнения контроля качества исходных данных Росстатом были предоставлены балансы минеральных удобрений в России за 1999-2010 гг. в пересчете на 100% питательных веществ. С 2011 г. были использованы статистические данные, находящиеся на официальном интернет-сайте Росстата (<https://rosstat.gov.ru>). Данные по производству, экспорту и импорту минеральных удобрений за предыдущие годы были взяты из статистических ежегодников Росстата (Госкомстат России, 1995, 1996, 1999). Данные по экспорту и импорту удобрений в течение периода с 1994 по 1998 гг. приведены в ежегодниках в единицах общей массы удобрений (млн. тонн). Статистическая информация по экспорту и импорту минеральных удобрений со странами СНГ в 1992 и 1993 гг. дана в расчете на 100% активного вещества, в то время как торговля со странами дальнего зарубежья приведена в расчете на общую массу удобрений. Кроме того, следует отметить, что статистика хранения удобрений в России отсутствует.

Основываясь на известных данных для 1999-2006 гг. мы рассчитали средний коэффициент для перевода единиц общей массы экспортируемых и импортируемых удобрений в массу 100% действующего вещества. Для экспортируемых удобрений этот коэффициент равен 2,0122, для импортируемых – 2,0036. С использованием полученных величин, были рассчитаны массы экспорта и импорта удобрений в 1992-1998 гг. в сопоставимых единицах.

Для каждого года рассматриваемого периода была рассчитана следующая величина в расчете на 100% действующего вещества:

$$Bal = \text{Производство удобрений} - \text{экспорт удобрений} + \text{импорт удобрений} \quad (5.7)$$

Так, производство минеральных или химических удобрений в 2022 г. составляло 26,428 млн. тонн действующего вещества, а экспорт – 11,597 млн. тонн в пересчете на 100 % питательных веществ. Полученные значения «Bal» представляют собой оценку ежегодных продаж минеральных удобрений на внутреннем рынке России, включая продажу для промышленных потребителей и для сельского хозяйства.

На рисунке 5.6 приведены тренды производства минеральных удобрений, данные по внесению удобрений в сельском хозяйстве (величины за 1991 и 1992 гг. получены методом интерполяции), а также рассчитанное значение «Bal».

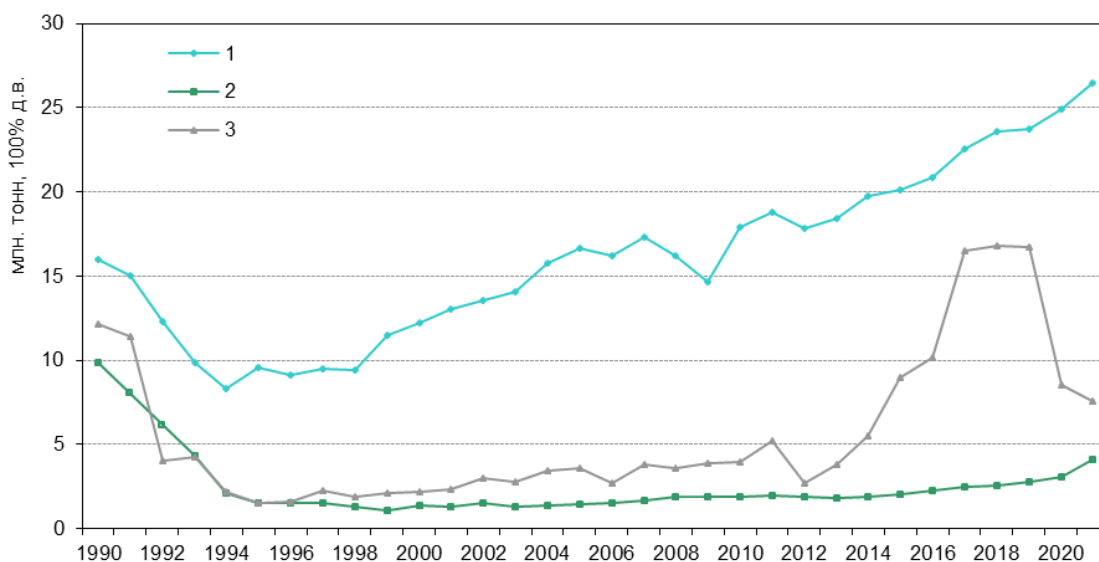


Рисунок 5.6 - Производство, внесение и продажи минеральных удобрений на внутреннем рынке РФ, где 1 – производство удобрений; 2 – внесение удобрений под посевы; 3 – величина «Bal» (отражает продажи удобрений на внутреннем рынке России)

Как следует из рисунка 5.6 тренд рассчитанной величины продаж удобрений на внутреннем рынке соответствует тренду снижения данных по внесению удобрений в сельскохозяйственные земли. Таким образом, используемые в кадастре исходные данные по объемам вносимых минеральных удобрений подтверждаются выполненной проверкой.

Следует отметить, что в последние годы, начиная с 1997 г., общие внутренние продажи значительно превышают количество внесенных удобрений (тренды 2 и 3). Это может объясняться высокими ценами на минеральные удобрения и низкую покупательную способность сельскохозяйственных производителей в России. Поэтому примерно половина объема внутренних продаж поступает к промышленным потребителям для химического производства (например, производство KOH , KClO_3 , KClO_4 , KNO_3 из KCl ; производство взрывчатых веществ из нитрата аммония, производство пластиковых масс и синтетических материалов на основе мочевины и меламины). Одним из наиболее интенсивных путей использования продуктов синтеза минеральных удобрений является применение карбамида $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ для производства различных видов смол (карбамидоформальдегидная смола КФМТ-15) и клеев. Кроме того, карбамид входит в состав пищевой добавки Е927b, используемой при производстве жевательной резинки, а также применяется для очистки выбросов теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и мусоросжигательных установок. Далее карба-

мид-содержащие смолы используются в производстве древесно-стружечных плит (ДСП), и, таким образом, общее потребление карбамида в данном производстве превышает объемы карбамида, вносимого в почвы в качестве минерального удобрения. Растущий тренд в производстве карбамид-содержащих смол проиллюстрирован в таблице 5.24. Данные таблицы 5.24 косвенно подтверждают, что увеличение продаж минеральных удобрений на внутреннем рынке России в течение последних лет в значительной степени обусловлено интенсификацией некоторых производств в промышленном секторе. В 2010 г. по данным статистики железнодорожных перевозок ОАО «Российские железные дороги» закупки аммиачной селитры промышленным сектором выросли на 18% – до 1,08 млн. тонн, а потребление карбамида увеличилось на 22% – до 414 тыс. тонн. В дальнейшем рост потребления прогнозируется на уровне 11% ежегодно. Промышленные потребители остаются наиболее привлекательным сектором на внутреннем азотном рынке, предлагающим более высокие цены и стабильный спрос вне зависимости от сезона.

Таблица 5.24

Использование продуктов синтеза минеральных удобрений в качестве промышленного сырья¹⁾

| Годы | Производство, тонн | | |
|------|--|---|---|
| | Карбамидные смолы (в пересчете на содержание сухого вещества) ³⁾ | Карбамиднофурановые смолы ²⁾ | Пластические массы и синтетические материалы на основе мочевины и меламмина ⁴⁾ |
| 1997 | 204863 | 7413 | 226 |
| 1998 | 212137 | 15958 | 7433 |
| 1999 | 294600 | 9126 | 189 |
| 2000 | 345741 | 9695 | 1306 |
| 2001 | 438338 | 11275 | 1674 |
| 2002 | 460638 | 11320 | 2154 |
| 2003 | 491766 | 13099 | 2436 |
| 2004 | 522069 | 17186 | 2216 |
| 2005 | 530295 | 17284 | 2964 |
| 2006 | 565979 | 17173 | 2345 |
| 2007 | 631765 | 16981 | 2469 |
| 2008 | 593185 | 18218 | 2259 |
| 2010 | 769870 | 4093 | 631890 |
| 2011 | 898161 | 4165 | 734483 |
| 2012 | 938430 | 4595 | 785356 |
| 2013 | 1175903 | 3750 | 831 644 |
| 2014 | 1296452 | 2804 | 1113 081 |
| 2015 | 1294259 | 2615 | 1109186 |
| 2016 | 1320369 | 1082 | 1311556 |
| 2017 | 1291917 | н/д ²⁾ | 1263282 |
| 2018 | 1335761 | н/д ²⁾ | 1301907 |
| 2019 | 1315522 | н/д ²⁾ | 1291928 |
| 2020 | 1241327 | н/д ²⁾ | 1213269 |
| 2021 | 1427677 | н/д ²⁾ | 1391523 |
| 2022 | 1122469 | н/д ²⁾ | 1101271 |
| 2023 | 1246676 | н/д ²⁾ | 1185112 |

1) Формирование официальной статистической информации по производству продукции в натуральном выражении с 2010г. осуществляется Росстатом в соответствии с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности ОК 034-2007 (ОКПД), с 2017г. – Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности ОК 034 – 2014 (ОКПД2)

2) С 2010г. – смолы карбамиднофурановые в виде прессовочных масс. С 2017 года информация

Росстатом не разрабатывается

3) С 2010 г. - смолы аминформальдегидные (карбаминоформальдегидные, тиокарбаминоформальдегидные и меламиноформальдегидные) в первичных формах;

С 2017 г. - смолы карбаминоформальдегидные, тиокарбаминоформальдегидные и меламиноформальдегидные смолы в первичных формах.

4) С 2010 г. - смолы карбаминоформальдегидные в первичных формах.

Также в ходе углубленного рассмотрения Национального кадастра ПГ РФ в 2010-2012 гг. обсуждению подверглись данные по минеральным удобрениям, приведенные на сайте Международной ассоциации по производству удобрений. По-видимому, данные этой ассоциации соответствуют данным по общим продажам минеральных удобрений на внутреннем рынке России, поэтому превышают значения по внесению удобрений в почвы, использованные в кадастре. Таблица 5.25 содержит информацию по объемам проданных минеральных удобрений сельскохозяйственным организациям, а также данные по объемам, действительно внесенным в пахотные почвы. Как следует из данных этой таблицы, в 2010 году внесение превышало годовые продажи удобрений сельскому хозяйству, а в остальные годы было несколько ниже этой величины. Это подтверждает наличие запасов удобрений и их хранение в сельхозорганизациях.

Таблица 5.25

Продажи минеральных удобрений на внутреннем рынке, сельхозорганизациям и внесение удобрений в пахотные почвы, млн.т. действ. в-ва

| Годы | Продажа на внутреннем рынке по расчету на основе балансового метода (данные Росстата) (млн. т.) | Продажа минеральных удобрений сельхозорганизациям, млн.т. действ. в-ва | Внесение минеральных удобрений в пахотные почвы ¹⁾ |
|------|---|--|---|
| 1985 | н/д | 12,67 | 9,8 |
| 1990 | н/д | 11,05 | 9,9 |
| 1995 | н/д | 1,60 | 1,5 |
| 2000 | 2,28 | 2,28 | 1,4 |
| 2005 | 3,55 | 1,55 | 1,4 |
| 2006 | 2,79 | 1,60 | 1,5 |
| 2007 | 3,64 | 1,78 | 1,7 |
| 2008 | 3,61 | 2,01 | 1,9 |
| 2009 | 3,89 | 1,50 | 1,9 |
| 2010 | 5,09 | 1,83 | 1,9 |
| 2011 | 6,57 | 2,30 ²⁾ | 2,0 |
| 2012 | 3,94 | 2,67 ²⁾ | 1,9 |
| 2013 | 5,30 | н/д | 1,8 |
| 2014 | 5,51 | н/д | 1,9 |
| 2015 | 4,74 | н/д | 2,0 |
| 2016 | 5,01 | н/д | 2,3 |
| 2017 | 6,34 | н/д | 2,5 |
| 2018 | 5,25 | н/д | 2,5 |
| 2019 | 7,79 | н/д | 2,7 |
| 2020 | 7,80 | н/д | 3,0 |
| 2021 | 7,76 | н/д | 3,3 |
| 2022 | 7,71 | н/д | 3,4 |
| 2023 | 9,48 | н/д | 3,5 |

¹⁾ Внесение минеральных удобрений под посевы в сельскохозяйственных организациях (с 2008 года - без учета микропредприятий)

²⁾ Соответствует оптовым продажам в физическом весе в 2011 – 4,9 млн. тонн, в 2012 – 5,7 млн. тонн (по данным Росстата)

В ходе рассмотрения Национального кадастра ПГ группой экспертов РКИК ООН в 2012 г. были обсуждены причины расхождения национальных данных о внесении минеральных удобрений в России и данными ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций). Сравнительная оценка статистики приведена в таблице 5.26. Как следует из данных этой таблицы, разница между национальными данными и данными ФАО более 5% наблюдается для тех лет, по которым ФАО не имеет официальной информации от РФ и выполняла собственные расчеты на основе балансовой оценки, что указано на их сайте. Таким образом, эти оценки не являются официальными. Для лет 1999 и 2001 ФАО не указало, что величины вносимых азотных удобрений получены расчетным путем, однако, учитывая большую разницу с официальными статистическими данными Росстата, эти значения также являются оценочными. В национальном кадастре РФ для расчетов использованы только официальные статистические данные (за исключением 1991 и 1992 гг., в течение которых статистика по удобрениям не разрабатывалась).

На момент подготовки настоящего кадастра данные ФАО за 2023 г. еще не были доступны (н/д).

Таблица 5.26

Сравнение данных национальной статистики и данных ФАО по потреблению минеральных азотных удобрений

| Годы | Азотные удобрения, тыс. т действ. в-ва | | Разница, % |
|------|--|------------|------------|
| | Данные национального кадастра | Данные ФАО | |
| 1990 | 4249,6 | — | |
| 1995 | 959,9 | 1000,0* | -4,2 |
| 2000 | 979,4 | 960,0 | 2,0 |
| 2010 | 1192,7 | 1192,7 | 0,0 |
| 2011 | 1262,8 | 1262,8 | 0,0 |
| 2012 | 1179,8 | 1179,8 | 0,0 |
| 2013 | 1166,6 | 1166,6 | 0,0 |
| 2014 | 1194,5 | 1194,5 | 0,0 |
| 2015 | 1263,4 | 1263,4 | 0,0 |
| 2016 | 1445,2 | 1445,2 | 0,0 |
| 2017 | 1542,2 | 1512,8 | 0,0 |
| 2018 | 1542,0 | 1542,0 | 0,0 |
| 2019 | 1727,5 | 1727,4 | 0,0 |
| 2020 | 1916,4 | 1916,4 | 0,0 |
| 2021 | 2093,4 | 2094,4 | -1,0 |
| 2022 | 2176,8 | 2176,8 | 0,0 |
| 2023 | 2210,6 | н/д* | |

**неофициальные данные ФАО, полученные в результате выполненных в ФАО балансовых расчетов*

Наконец, следует проанализировать взаимосвязь растущей в последние годы общей урожайности основных культур (зерновые) на фоне относительно малых величин вносимых минеральных удобрений. Прежде всего, прямая взаимосвязь между урожайностью зерновых и нормами вносимых минеральных удобрений наблюдается в случаях применения сравнительно высоких доз (выше 100 кг д. в-ва/га). Такие нормы не характерны для РФ, поэтому урожайность растений, в частности, зерновых культур, находится в значительной зависимости от погодных условий и общего плодородия почв.

Сравнительно высокая стоимость удобрений на внутреннем рынке страны и низкая покупательная способность государственных сельхозорганизаций способствуют сохранению малых величин общего внесения минеральных удобрений в пахотные почвы России. Однако сложившаяся ситуация привела к перераспределению объемов удобрений между культурами.

Так, в настоящее время половина всех вносимых удобрений применяется под зерновые и зернобобовые культуры (без кукурузы) (см. таблицу 5.27). Таким образом, дозы удобрений, использованных под зерновые, имеют растущую тенденцию и могут в определенной степени объяснять увеличение их урожайности.

Растительные остатки. В настоящем кадастре для оценки количества азота растительных остатков, который является ведущим источником прямой эмиссии N_2O от почв, разработана национальная методика (раздел 5.7). Для контроля качества выполненных расчетов было проведено сравнение с оценками, выполненными в соответствии с методикой по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006). Результаты расчетов приведены на рисунке 5.7.

Как следует из рисунка 5.7, оценки выброса N_2O от азота растительных остатков, выполненные по национальной методологии для периода с 1990 г., ниже оценок, полученных по методике МГЭИК 2006 г.; близки к ним в течение с 1991 по 1993 гг. и выше для всех остальных лет. Тренды выбросов, рассчитанные по этим методологиям, отражают тренд сокращения общего сбора валовой продукции в стране с 1990 г. Эта тенденция видна также при сравнении выбросов в 2010 г. и 2011 г., когда увеличение площадей посевов и урожайности культур привели к росту общего валового сбора (см. рис. 5.7). В 2012 г. в связи с уменьшением посевной площади и средней урожайности некоторых культур по обеим методикам отмечается снижение общего выброса от азота растительных остатков. В 2013 – 2017 гг. выбросы вновь выросли в соответствии с ростом площадей и урожайности. В 2019 г. отмечается небольшой рост выброса от азота растительных остатков по сравнению с 2018 г. в связи с увеличением урожайности культур.

Таблица 5.27

Внесение минеральных удобрений под зерновые и зернобобовые культуры (без кукурузы) ¹⁾

| Годы | Внесение минеральных азотных удобрений под зерновые и зернобобовые культуры (без кукурузы), тыс. тонн азота | Дозы минеральных удобрений, вносимых под зерновые и зернобобовые культуры (без кукурузы), кг действ. в-ва/га | Процент удобренной площади под зерновыми и зернобобовыми культурами (без кукурузы) по отношению к общей площади зерновых и зернобобовых культур (без кукурузы) |
|------|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1995 | 467,46 | 16,3 | 27,9 |
| 2000 | 568,13 | 20,5 | 32,3 |
| 2001 | 562,17 | 21,5 | 34,0 |
| 2002 | 628,04 | 24,8 | 37,0 |
| 2003 | 517,28 | 24,0 | 35,2 |
| 2004 | 538,65 | 26,0 | 38,7 |
| 2005 | 580,3 | 28,6 | 40,1 |
| 2006 | 590,08 | 30,6 | 41,3 |
| 2007 | 674,41 | 35,3 | 46,7 |
| 2008 | 831,0 | 40,2 | 51,9 |
| 2010 | 764,49 | 41,4 | 49,7 |
| 2012 | 742,53 | 39,7 | 50,2 |
| 2013 | 741,18 | 40,1 | 52,7 |
| 2014 | 744,64 | 42,4 | 53,3 |
| 2015 | 798,01 | 44,9 | 55,3 |
| 2016 | 902,49 | 50,7 | 60,6 |
| 2017 | 964,53 | 58,1 | 65,4 |
| 2018 | 977,78 | 60,5 | 66,6 |

Продолжение таблицы 5.27

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------|---------|------|------|
| 2019 | 1108,86 | 65,9 | 69,3 |
| 2020 | 1260,05 | 75,6 | 75,6 |
| 2021 | 1352,96 | 82,7 | 79,7 |
| 2022 | 1377,32 | 80,8 | 79,8 |
| 2023 | 1390,07 | 80,7 | 79,1 |

¹⁾ Под урожай текущего года в сельскохозяйственных организациях (с 2008 года – без учета микропредприятий)

С 1990 по 2023 гг. площади пахотных земель, используемых землепользователями, занимающимися сельхозпроизводством в стране, сократились на 11,2%, в то время как посевные площади сократились на 32,1%. Расчетный выброс N_2O по национальной методике упал за этот период на 18,4%, что обусловлено ежегодными изменениями урожайности растений. Известно, что количество растительных остатков находится в прямой зависимости от посевных площадей, однако уровень урожайности также оказывает свое воздействие. При низкой урожайности абсолютная масса растительных остатков сокращается, но отношение остатков к урожаю основной продукции растет (Romanovskaya et al., 2004). Именно этот аспект объясняет значительные различия в оценках, выполненных по национальной методике и Уровню 2 методики МГЭИК 2006 г. Хотя в последнем случае также применяются регрессионные уравнения, основанные на урожайности культурных растений, однако, в отличие от национальной методологии, не разработаны уравнения, соответствующие разному уровню урожайности. Пересчетные коэффициенты уравнений для методики МГЭИК 2006 г. были разработаны по данным США на основе урожайности культур в 2, иногда в 3 раза превышающей современный уровень урожайности в России, и, следовательно, эти коэффициенты занижают отношение остатков к урожаю основной продукции для условий нашей страны. Именно поэтому, оценка количества растительных остатков при низком уровне урожайности с использованием уравнений для высокой урожайности дает систематически неверные (заниженные) результаты (рис. 5.7).

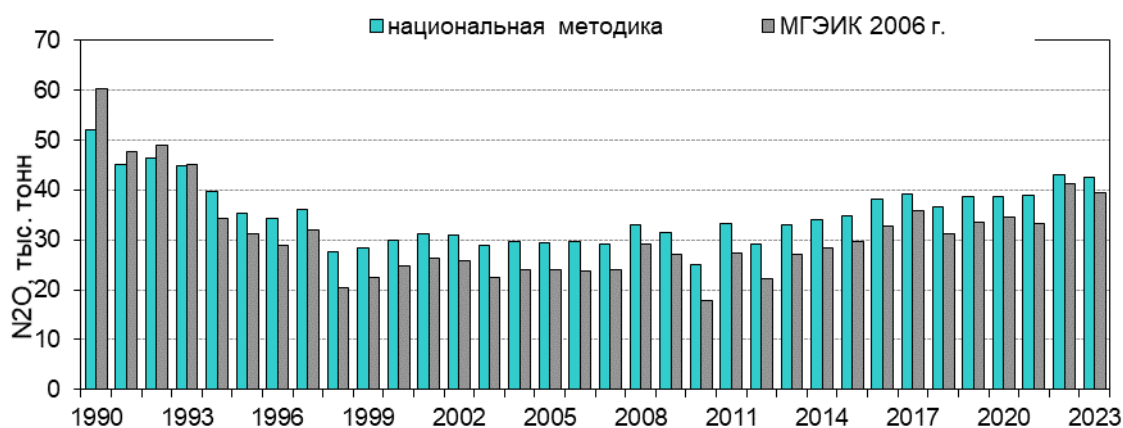


Рисунок 5.7 – Сравнение оценок выброса N_2O от азота растительных остатков по Уровню 2 методики МГЭИК 2006 года и по национальной методологии

Следует также отметить, что метод, рекомендуемый МГЭИК (2006 г.), имеет ряд обобщений в целях упрощения расчетов. Так в методике 2006 г. МГЭИК ввела большое количество групп растений, и даже для нескольких видов разработаны специализированные уравнения регрессии. Однако только национальная методология оценки характеризуется наиболее полным видоспецифичным списком уравнений регрессии, которые также разработаны для разных уровней урожайности. Кроме того, разработанные конверсионные коэффициенты адаптированы к условиям ведения сельскохозяйственной деятельности в России, т.е. применению

характерных методов и сроков сбора урожая, использованию на полях российской сельхозтехники, проводящей срез стерни на определенной высоте. Таким образом, оценка азота растительных остатков, выполненная по разработанной национальной методике, характеризуется наиболее репрезентативными и надежными результатами, которые и были использованы в кадастре.

5.6.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

Для всех лет периода 1990 – 2021 выполнены пересчеты оценок выбросов N_2O для обрабатываемых осушенных органических почв и осушенных органических почв кормовых угодий согласно полученным уточненным данным. Подробное описание применения уточненных данных по площадям приведено в секторе ЗИЗЛХ разделы 4В и 4С.

Все указанные изменения повлекли за собой пересчеты выбросов в соответствующих категориях.

Усовершенствования, выполненные в ответ на рекомендации групп по рассмотрению, приведены в разделе 5.13.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.7 Косвенные выбросы от сельскохозяйственных земель (3.D2)

5.7.1 Характеристика категории

При расчете общего выброса N_2O в аграрном секторе России учитывался также выброс N_2O , образованный в результате вторичных превращений антропогенных азотных соединений (при вымывании и выносе азота с полей, а также при атмосферных выпадениях азотсодержащих веществ – NOx и NH_3).

Полученные величины косвенного выброса N_2O в отчетном году составляют 8,43 тыс. тонн N_2O от атмосферных выпадений и 23,11 тыс. тонн N_2O в результате вымывания соединений азота из почв.

5.7.2 Методологические подходы

Расчет косвенного выброса N_2O при атмосферных выпадениях NH_3 и NOx производится на основе сведений об общем количестве минеральных азотных удобрений (раздел 5.7, категория 3D1.1), количестве внесенных органических удобрений (раздел 5.7, категория 3D1.2) и количестве азота навоза, оставленного на пастбищах (раздел 5.7, категория 3D1.3). Косвенные выбросы N_2O при атмосферных выпадениях NH_3 и NOx в системах сбора и хранения навоза рассматривается в разделе 5.2.4 настоящего доклада.

Расчет производили в соответствии с Уровнем 1 по уравнению 11.9 (МГЭИК, 2006). Фракция азота минеральных удобрений, которая улетучивается в виде NH_3 и NOx ($Frac_{GASF}$) определена по таблице 11.3 (МГЭИК, 2006) и соответствует 0,1 кг улетучившегося N /кг внесенного N. Фракция азота внесенных органических азотных удобрений (F_{ON}), а также азота мочи и помета, оставленных на пастбищах, (F_{PRP}), которая улетучивается в виде NH_3 и NOx ($Frac_{GASM}$) также принята по умолчанию равной 0,2 кг улетучившегося N /кг внесенного или оставленного N (таблица 11.3 (МГЭИК, 2006)). Среднее значение коэффициента выброса N_2O , образующегося в результате атмосферных выпадений антропогенных азотных соединений, взят из Руководящих принципов МГЭИК 2006 г. – 0,01 кг N- N_2O /кг N эмиссий NH_3 и NOx (таблица 11.3 (МГЭИК, 2006)).

Расчет косвенного выброса N_2O при вымывании соединений азота из почв производится на основе сведений об общем количестве минеральных азотных удобрений (раздел 5.2.6.1, категория 3D1.1), количестве внесенных органических удобрений (раздел 5.2.6.1, категория

3D1.2), количестве азота навоза, оставленного на пастбищах (раздел 5.2.6.1, категория 3D1.3), количестве азота растительных остатков, поступающих в почвы (раздел 5.2.6.1, категория 3D1.4) и количестве минерализованного азота (раздел 5.2.6.1, категория 3D1.5).

Расчет производили в соответствии с Уровнем 1 по уравнению 11.10 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006). Фракция всего добавленного к обрабатываемым почвам или минерализованного в обрабатываемых почвах азота, которая теряется через вымывание ($Frac_{LEACH-(H)}$) определена по таблице 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006) и соответствует 0,3 кг N /кг добавок N. Среднее значение коэффициента выброса N_2O , образующегося в результате вторичных превращений вымываемых антропогенных азотных соединений, взят из Руководящих принципов МГЭИК 2006 г. и соответствует 0,0075 кг $N-N_2O$ / кг N для вымывания (таблица 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)).

5.7.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность выполненного кадастра определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Исходная информация по численности животных бралась по официальным статистическим данным, которые имеют высокую степень достоверности (ошибка составляет не более 5%). Переводные коэффициенты по умолчанию, использованные в расчетах, были взяты из методики МГЭИК (МГЭИК, 2006). Для пересчетных коэффициентов и параметров по умолчанию были использованы рекомендованные в методиках 95% доверительные интервалы.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованны.

5.7.4 Обеспечение и контроль качества

См. раздел 5.3 выше.

5.7.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре специфичных пересчетов категории Косвенные выбросы от сельскохозяйственных почв выполнено не было (см. также раздел 5.6.5).

Усовершенствования, выполненные в ответ на рекомендации групп по рассмотрению, приведены в разделе 5.12.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.12.

5.8 Сжигание остатков растительности на полях (3.F)

Контролируемое сжигание растительных остатков на полях в РФ запрещено. Ниже приведены законодательные документы, относящиеся к данному запрету.

По данным Минприроды России:

Пунктом 1 статьи 41 Федерального закона (ФЗ) от 10 января 2002 года №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» определено, что при эксплуатации объектов сельскохозяйственного назначения должны соблюдаться требования в области охраны окружающей среды, проводиться мероприятия по охране земель, почв, водных объектов, растений от негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду. Сельскохозяйственные организации, осуществляющие производство, заготовку и переработку сельскохозяйственной продукции, иные сельскохозяйственные организации при осуществлении своей деятельности должны соблюдать требования в области охраны окружающей среды.

В соответствии со статьей 42 Земельного Кодекса РФ собственники земельных участков и лица, не являющиеся собственниками, обязаны:

- использовать земельные участки в соответствии с их целевым назначением и принадлежностью к той или иной категории земель и разрешенными способами использования, которые не должны наносить вред окружающей среде, в том числе земле как природному объекту;
- осуществлять мероприятия по охране земель и других природных ресурсов;
- соблюдать при использовании земельных участков требования экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и иных правил, нормативов;
- не допускать загрязнение, захламление, деградацию и ухудшение плодородия почв на землях соответствующих категорий.

При выжигании растительных остатков нарушаются правила противопожарной безопасности: согласно пункту 185 Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. N 1479

"Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации" не разрешается сжигание стерни, пожнивных остатков и разведение костров на полях. Существует соответствующее постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме», которым утверждены Правила противопожарного режима в РФ. В соответствии с этими правилами запрещается сжигание стерни, пожнивных остатков и разведение костров на полях.

Статья 18 ФЗ «Об отходах производства и потребления» гласит: «хранение, захоронение и обезвреживание на территории организаций, загрязняющих атмосферный воздух отходов, а также сжигание таких отходов без специальных установок, запрещается».

Согласно статье 51 ФЗ от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», установлено, что отходы производства и потребления подлежат сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению, условия и способы которых должны быть безопасными для окружающей среды и регулироваться законодательством РФ.

Кроме того, в соответствии с частью 4 Закона Краснодарского края от 2 июля 2004 года № 734-КЗ «Об охране атмосферного воздуха на территории Краснодарского края» запрещается сжигание стерни, пожнивных остатков на полях, опавшей листвы, травы на лесных полянах, прогалинах, лугах (в том числе проведение сельскохозяйственных палов).

Выжигание стерни влечет негативные последствия для животного мира.

В соответствии с частью 1 статьи 28 ФЗ от 24 апреля 1995 г. № 52-ФЗ «О животном мире» юридические лица обязаны принимать меры по предотвращению заболеваний и гибели объектов животного мира при проведении сельскохозяйственных и других работ. Запрещается выжигание растительности, хранение и применение ядохимикатов, удобрений, других опасных для объектов животного мира и среды их обитания материалов, сырья и отходов производства без осуществления мер, гарантирующих предотвращение заболеваний и гибели объектов животного мира, а также ухудшения среды их обитания.

Пунктом 3 «Требований по предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов, линий связи и электропередачи», утвержденных постановлением Правительства РФ от 13 августа 1996 г. № 997, предусмотрено, что в целях предотвращения гибели объектов животного мира запрещается выжигание растительности без осуществления мер, гарантирующих предотвращение гибели объектов животного мира, а также ухудшения среды их обитания.

Утвержденные МВД СССР от 25.06.1976 г. «Типовые правила противопожарной безопасности для объектов сельскохозяйственного производства» (ППБ 04-76) действовали до середины 90х годов и также запрещали разведение открытого огня на полях. В Постановлении Совета Министров СССР ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 г. № 3960 указывалась необходимость с 1955 г. проводить лущение стерни (т.е. запашку) на всей площади, идущей под зябь и черные пары, как одного из лучших средств борьбы с сорняками и вредителями.

Многолетний опыт работы ряда хозяйств показывает, что использование соломы в качестве органического удобрения способствует повышению урожайности на 15–20 процентов, позволяет приостановить деградацию почв. По заключению Кубанского аграрного университета и ряда других научно-исследовательских институтов выжигание стерни не приводит к улучшению фитосанитарного состояния полей.

В соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов, стерня относится к отходам от переработки зерновых культур. Сжигание стерни может быть квалифицировано

по статье 8.1 Кодекса РФ об административных правонарушениях: «Несоблюдение экологических требований при эксплуатации предприятий или иных объектов», по статьям 8.2, 8.21 и 8.35 Кодекса РФ об административных правонарушениях: «Несоблюдение экологических и санитарно-эпидемиологических требований при обращении с отходами производства и потребления или иными опасными веществами», «Нарушение правил охраны атмосферного воздуха» и «Уничтожение редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений» соответственно.

В случае выявления нарушений, виновные привлекаются к административной ответственности в виде административных штрафов в размере до ста тысяч рублей, также к нарушителям предъявляются иски о возмещении ущерба по выплатам суммы причиненного экологического ущерба.

5.9 Выбросы от известкования, внесения мочевины и других углеродсодержащих удобрений (3.G-I)

5.9.1 Характеристика категории

В соответствии с решением 24/CP.19 Конференции Сторон РКИК ООН, выбросы CO₂ при известковании обрабатываемых земель должны быть представлены в секторе сельского хозяйства. В кадастрах, представленных до 2015 г., эти выбросы были включены в отчетность сектора ЗИЗЛХ (раздел 7.2.2.1.3 в НДК 2014).

В 2023 г. известкование почв привело к выбросу CO₂ в объеме 740,71 тыс. тонн CO₂.

В 2023 г. внесение в почвы мочевины привело к выбросу CO₂ в объеме 239,95 тыс. тонн CO₂.

5.9.2 Методологические подходы

Внесение *известь-содержащих карбонатов*, таких как известняк и доломит, приводит к дополнительной эмиссии углекислого газа на сельскохозяйственных землях. В соответствии с уровнем 1 методики МГЭИК (МГЭИК, 2006), который был использован для расчетов, весь углерод внесенных карбонатов теряется в виде CO₂ в год внесения, хотя в действительности это может длиться в течение нескольких лет. Ежегодные объемы внесения известняка и доломита на сельскохозяйственных землях взяты из отчетов и справочников Росстата (Госкомстат России, 1995, 2000, 2002; Росстат, 2005-2016; интернет-сайт Росстата <https://rosstat.gov.ru>). Согласно статистическим данным, подавляющее большинство из вносимых известковых материалов составляют известняковая и доломитовая мука.

Коэффициенты по умолчанию по выбросам CO₂ составляют 0,12 для известняка и 0,13 для доломитовой муки (МГЭИК, 2006). Полученные уточненные данные (Шильников и др., 2006) показывают, что в известковых материалах содержится в среднем около 30% примесей и влаги. Поэтому предварительно были рассчитаны объемы внесения чистой известняковой и доломитовой муки (70%). Затем к полученному объему внесения чистых известь-содержащих карбонатов был применен средний коэффициент МГЭИК, равный 0,125 (т.к. отдельные статистические данные по известняку и доломитовой муке в стране не собираются).

В соответствии с методологией МГЭИК 2006 года в настоящем кадастре оценены выбросы CO₂ при внесении *мочевины* в обрабатываемые почвы.

Ежегодная статистическая информация по внесению отдельных видов удобрений в почвы, в том числе, мочевины в стране не собирается. В соответствии с рекомендациями МГЭИК для получения примерной оценки ежегодного количества вносимой в почву мочевины могут использоваться данные производства мочевины внутри страны и ее импорта/экспорта. Для уточнения расчета могут использоваться дополнительные допущения по использованию мочевины в определенный год от всего доступного в этот год количества мочевины. Эта рекомендация была использована при составлении кадастра. Было получено экспертное заключение, что около 97% произведенной мочевины в стране направляется на экспорт или другие виды использования (промышленные или химические производства). Внесение в сельскохозяйственные почвы не превышает 3% от величины, произведенной за год мочевины, причем эта оценка является высоко консервативной. Данное допущение было использовано в расчетах.

Для расчетов применен коэффициент по умолчанию по выбросам CO₂ от мочевины, который составляет 0,20 (МГЭИК, 2006).

5.9.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность выполненного кадастра определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Исходная информация по численности животных бралась по официальным статистическим данным, которые имеют высокую степень достоверности (ошибка составляет не более 5%). Переводные коэффициенты по умолчанию, использованные в расчетах, были взяты из методики МГЭИК (МГЭИК, 2006). Для пересчетных коэффициентов и параметров по умолчанию были использованы рекомендованные в методиках 95% доверительные интервалы.

Неопределенность данных по объемам внесения известковых материалов находится в пределах $\pm 10\%$, учитывая доли примесей, которые включены в данные официальной статистики. Для коэффициента выброса по умолчанию от внесенных в почвы известь-содержащих карбонатов указана ошибка, равная -50% (МГЭИК, 2006). Совокупная неопределенность расчета выброса от данной категории в соответствии с уровнем 1 МГЭИК составляет $\pm 14,14\%$. Неопределенность коэффициента выбросов при внесении мочевины составляет -50% (МГЭИК, 2006).

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованны.

5.9.4 Обеспечение и контроль качества

Для обеспечения и контроля качества данной подкатегории применялись общие процедуры Российского национального кадастра, приведенные в соответствующем разделе НДК, а также специфичные для сектора сельского хозяйства (см. раздел 5.12 ниже).

5.9.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.10 Неопределенность оценок выбросов

Расчет неопределенности инвентаризации в сельскохозяйственном секторе выполнялся по подходу 1 (МГЭИК, 2006). Результаты представлены в таблицах 5.28 и 5.29.

Точность выполненной инвентаризации определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Основная исходная информация бралась по официальным статистическим данным, которые имеют высокую степень достоверности (ошибка составляет не более 5%). Переводные коэффициенты по умолчанию, использованные в расчетах, были взяты из методики МГЭИК (МГЭИК, 2006). Для пересчетных коэффициентов и параметров по умолчанию были использованы рекомендованные в методиках 95% доверительные интервалы. Более точная информация приведена в соответствующих категориях данного раздела.

Общая неопределенность инвентаризации в секторе сельского хозяйства рассчитана на основании уравнения 3.2 подхода 1 (МГЭИК, 2006) (см. табл. 5.28 и 5.29).

В таблицах 5.28 и 5.29 для величины суммарных выбросов от сельского хозяйства приведен 95% доверительный интервал, который составляет для 1990 г. 36165,48 тыс. тонн CO_2 -экв. или 15,60 % и для 2023 г. 21974,28 тыс. тонн CO_2 -экв. или 21,7%. Таким образом, можно заключить, что неопределенность полученных оценок по инвентаризации выбросов ПГ в сельском хозяйстве в 2023 г. составляет 21,7 %.

Эта величина хорошо согласуется с оценкой общей неопределенности в секторе сельского хозяйства, приведенной в предыдущем кадастре, которая соответствовала 20,7 %.

Таблица 5.28

Оценка неопределенности инвентаризации выбросов парниковых газов
в сельском хозяйстве России в 1990 г.

| Категория источника | Выброс парниковых газов, CO ₂ - экв., тыс. тонн | Стандартное отклонение | |
|---|--|------------------------|-------------------------------------|
| | | % | CO ₂ -экв., тыс. тонн |
| 3А Внутренняя ферментация коровы и другое поголовье КРС | 97750,21 | 1,82 | 1779,05 |
| свиньи | 1527,76 | 18,25 | 278,87 |
| овцы, козы, верблюды, лошади, мулы, ослы, северные олени, буйволы | 16586,75 | 40,3 | 6684,01 |
| кролики, пушные звери | 81,55 | 50,2 | 40,98 |
| 3В1 Системы сбора и хранения навоза и по- мета, выбросы CH ₄ | | | |
| коровы, другое поголовье КРС, свиньи | 14203,43 | 20,6 | 2928,11 |
| остальные животные и птица | 1148,28 | 30,4 | 349,24 |
| 3В2 Системы сбора и хранения навоза и по- мета, прямые выбросы N ₂ O | | | |
| жидкие системы | | | |
| другое поголовье КРС | 640,35 | 91,9 | 588,29 |
| свиньи | 1163,07 | 91,3 | 1061,66 |
| нутрии | 0,70 | 90,5 | 0,63 |
| хранение в сухом виде | | | |
| другое поголовье КРС | 1307,72 | 91,9 | 1201,39 |
| коровы | 2787,09 | 92,0 | 2564,16 |
| птица | 1010,05 | 80,0 | 807,65 |
| свиньи | 593,13 | 91,3 | 541,42 |
| северные олени | 33,20 | 91,8 | 30,47 |
| остальные животные | 1682,51 | 90,5 | 1523,48 |
| 3В2 Системы сбора и хранения навоза и по- мета, косвенные выбросы N ₂ O | | | |
| жидкие системы | | | |
| другое поголовье КРС | 512,28 | 248,6 | 1273,74 |
| свиньи | 1116,55 | 250,2 | 2793,37 |
| нутрии | 0,35 | 248,5 | 0,87 |
| хранение в сухом виде | | | |
| другое поголовье КРС | 1176,95 | 248,6 | 2926,37 |
| коровы | 1672,95 | 250,9 | 4195,33 |
| птица | 808,04 | 249,5 | 2016,47 |
| свиньи | 533,82 | 250,2 | 1351,81 |
| северные олени | 7,97 | 253,6 | 20,20 |
| остальные животные | 404,67 | 253,1 | 1021,76 |
| 3С Рисоводство | 958,42 | 69,01 | 661,45 |
| 3D1 Прямые выбросы N ₂ O от почв | | | |
| 3D1.1 Минеральные удобрения | 24131,80 | 81,4 | 19631,87 |
| 3D1.2 Органические удобрения | 11202,02 | 136,8 | 15271,28 |
| 3D1.3 Навоз на пастбищах | 5808,22 | 89,8 | 5215,50 |
| 3D1.4 Растительные остатки | 13797,47 | 135,0 | 18625,72 |
| 3D1.5 Азот при минерализации почвен- ного орг. в-ва | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3D1.6 Обработка органогенных почв | 5534,80 | 41,4 | 2290,26 |
| 3D2 Косвенный выброс N ₂ O | | | |
| 3D2.1 Атмосферные выпадения | 4756,54 | 169,2 | 8049,41 |
| 3D2.2 Вымывание соединений азота | 10460,83 | 60,0 | 6272,87 |
| 3G Известкование | 10074,17 | 50,7 | 5111,09 |
| 3H Внесение мочевины | 99,00 | 51,0 | 50,48 |
| Всего | 231798,45 | 15,60 | 36165,48 |

Таблица 5.29

Оценка неопределенности инвентаризации выбросов парниковых газов
в сельском хозяйстве России в отчетный год.

| Категория источника | Выброс парниковых газов, CO ₂ -экв., тыс. тонн | Стандартное отклонение | |
|--|---|------------------------|----------------------------------|
| | | % | CO ₂ -экв., тыс. тонн |
| 3А Внутренняя ферментация | | | |
| коровы и другое поголовье КРС | 35661,27 | 1,79 | 639,70 |
| свиньи | 849,02 | 23,63 | 202,18 |
| овцы, козы, верблюды, лошади, мулы, ослы, северные олени | 6359,52 | 40,3 | 2563,60 |
| кролики, пушные звери | 56,67 | 50,2 | 27,62 |
| 3В1 Системы сбора и хранения навоза и помета, выбросы CH ₄ | | | |
| коровы, другое поголовье КРС, свиньи | 6013,98 | 20,6 | 1239,81 |
| остальные животные и птица | 511,63 | 30,4 | 155,61 |
| 3В2 Системы сбора и хранения навоза и помета, прямые выбросы N ₂ O | | | |
| жидкие системы | | | |
| другое поголовье КРС | 85,90 | 91,9 | 78,92 |
| свиньи | 909,05 | 92,3 | 839,40 |
| нутрии | 0,002 | 90,5 | 0,002 |
| хранение в сухом виде | | | |
| другое поголовье КРС | 373,40 | 91,9 | 343,05 |
| коровы | 1485,94 | 92,0 | 1367,16 |
| птица | 707,98 | 80,0 | 641,06 |
| свиньи | 169,60 | 92,3 | 156,60 |
| северные олени | 23,51 | 91,8 | 21,58 |
| остальные животные | 636,67 | 90,5 | 733,10 |
| 3В2 Системы сбора и хранения навоза и помета, косвенные выбросы N ₂ O | | | |
| жидкие системы | | | |
| другое поголовье КРС | 68,72 | 248,6 | 170,86 |
| свиньи | 872,69 | 250,4 | 2185,19 |
| нутрии | 0,001 | 248,5 | 0,003 |
| хранение в сухом виде | | | |
| другое поголовье КРС | 336,06 | 248,6 | 835,59 |
| коровы | 891,56 | 250,9 | 2236,86 |
| буйволы | 0,27 | 252,8 | 0,69 |
| птица | 566,38 | 249,5 | 1413,41 |
| свиньи | 152,64 | 253,4 | 386,86 |
| северные олени | 5,64 | 253,6 | 14,31 |
| остальные животные | 152,69 | 253,1 | 386,52 |
| 3С Рисоводство | 661,94 | 70,48 | 466,56 |
| 3D1 Прямые выбросы N ₂ O от почв | | | |
| 3D1.1 Минеральные удобрения | 12607,01 | 81,2 | 10238,53 |
| 3D1.2 Органические удобрения | 5311,41 | 138,1 | 7334,55 |
| 3D1.3 Навоз на пастбищах | 2061,23 | 86,4 | 1699,99 |
| 3D1.4 Растительные остатки | 11320,33 | 135,0 | 15279,09 |
| 3D1.5 Азот при минерализации почвенного орг. в-ва | 2,52 | 141,2 | 3,56 |
| 3D1.6 Обработка органогенных почв | 4021,03 | 41,4 | 1663,88 |
| 3D2 Косвенный выброс N ₂ O | | | |
| 3D2.1 Атмосферные выпадения | 2235,12 | 173,0 | 3894,31 |
| 3D2.2 Вымывание соединений азота | 6094,99 | 75,8 | 4841,28 |
| 3G Известкование | 740,71 | 50,7 | 375,80 |
| 3H Внесение мочевины | 239,95 | 50,99 | 122,35 |
| Всего: | 101200,77 | 21,71 | 21974,28 |

5.11 Обеспечение и контроль качества

Обеспечение качества кадастра в секторе сельского хозяйства выполняется в результате независимого рецензирования соответствующих материалов. Независимым экспертным оценкам методик, данных и результатов кадастра в секторе сельского хозяйства, способствует их публикация в научных изданиях (опубликовано 14 статей в реферируемых научных журналах). Кроме того, ежегодно проводится независимая проверка кадастра сектора сельского хозяйства специалистами соответствующих министерств и ведомств, в частности Министерством сельского хозяйства, Росстатом и Росреестром. Поступающие от них замечания и предложения вносятся в текст доклада и таблиц ОТО и, при необходимости, выполняется пересчет величин выброса ПГ в сельском хозяйстве до представления кадастра в Секретариат РКИК ООН. Все выполненные пересчеты и исправления вновь согласуются с заинтересованными министерствами и ведомствами.

После представления кадастра в Секретариат РКИК ООН его электронная версия находится в свободном доступе и открыта для комментариев и предложений широкого круга специалистов, включая специалистов по сельскому хозяйству, животноводству, агрономов и т.д. Поступающие от них предложения учитываются при подготовке кадастра по сектору сельского хозяйства в следующем году.

5.12 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре выполнены следующие перерасчеты выбросов ПГ от сельского хозяйства за период 1990 -2023 гг.:

1. Уточнены значения коэффициентов перевариваемости кормов для КРС (без коров) и коров для концентрированных (без комбикормов) кормов, комбикормов, грубых кормов и пастбищных кормов и выполнены соответствующие пересчеты.
2. Пересчитаны значения валовой энергии и скорректированы коэффициенты выбросов CH_4 от внутренней ферментации и систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета для КРС (без коров) и коров.
3. Пересчет валовой энергии и коэффициентов эмиссии привели к следующим изменениям
 - выбросов метана в результате внутренней ферментации и систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета;
 - прямым и косвенным выбросам N_2O от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета;
 - прямые и косвенные выбросы от сельскохозяйственных земель;
 - скорректировано значение коэффициент экскреции азота (Nex) для КРС (без коров) за 2002 и 2003 годы и выполнены пересчеты количества азота от жидких, твердых и пастбищных систем;
 - скорректировано значение экскреции азота (Nex) от коров за 2019 год и пересчитаны значения эмиссии и количество образующегося азота от твердых и пастбищных систем;
 - скорректированы площади осушенных органических земель на пастбищах и кормовых угодьях, что повлекло за собой пересчет выбросов.

В ответ на рекомендации группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра выбросов ПГ РФ в 2020 г. в настоящем кадастре выполнены следующие улучшения (таблица 5.30):

- пересчитаны значения валовой энергии для КРС (без коров) и коров с применением уровня 2 МГЭИК (МГЭИК, 2006) для всех лет временного ряда см. раздел 5.2.1;
- пересчитаны региональные значения валовой энергии и коэффициентов выбросов метана при внутренней ферментации и выбросах от систем сбора, хранения и использования навоза для КРС (без коров) и коров с применением Уровня 2 МГЭИК (МГЭИК, 2006) для всех лет временного ряда см. раздел 5.2.2 табл.5.6 и приложение V.4. табл V.4.6 – V.4.9.
- скорректированы значения коэффициента преобразования метана (Ym) в таблицах ОТО для всех лет временного ряда

- скорректированы доли жидких и твердых систем хранения навоза для КРС (без коров) за период с 2017 – 2022 годы и выполнены соответствующие пересчеты
- добавлена информация по способам хранения жидких фракций навоза – см. раздел 5.2.3.
- внесены добавления в текст и комментарии в таблицы ОТО об использовании обозначения «NE» при оценке косвенных выбросов от вымывания азота от систем сбора и хранения побочных продуктов животноводства (навоза) см. раздел 5.2.3.2

Таблица 5.30

Ответы на рекомендации группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра в 2023 году по сектору Сельское хозяйство

| ID | Категория источников, газы | Замечание экспертов | Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования |
|-----|--|--|--|
| A2 | 3.A Внутренняя ферментация, 3.B Система сбора и хранения навоза, 3.D Прямая и косвенная эмиссия N ₂ O от сельскохозяйственных земель – CH ₄ и N ₂ O | Группа экспертов по рассмотрению просит выполнить проверку качества на дезагрегированном уровне (т. е. по регионам), чтобы убедиться, что потребление сухого корма в кг сухой массы не превышает 3% от массы тела жвачных животных. Оценить текущие нормы корма для молочного скота (3%), которые используются для выполнения проверок контроля качества, чтобы определить, может ли быть более высокий процент более подходящим (например, 4%). | Проверка качества была проведена. В текст внесены необходимые корректировки. Оценка текущих норм кормления включена в план по усовершенствованию. |
| A10 | 3.B Система сбора и хранения навоза - CH ₄ | Группа экспертов по рассмотрению просит обновить информацию в НДК о коэффициентах эмиссии, используемых при оценке выбросов от систем жидкого хранения навоза (т. е. используется коэффициент для систем жидкого хранения навоза с/ без естественной корки) во всем НДК. | В текст внесены необходимые корректировки |
| A7 | 3.A.1 КРС 3.B.1 КРС 3.D.a Прямые выбросы N ₂ O от сельскохозяйственных земель - CH ₄ и N ₂ O | Группа экспертов по рассмотрению рекомендует представить в НДК взаимосвязь между значениями валовой энергии, коэффициентами эмиссий метана и надоями молока как минимум для Московской и Ленинградской областей. | В текст внесены необходимые корректировки |
| A12 | Общие вопросы (сельское хозяйство) CH ₄ , N ₂ O | Группа экспертов по рассмотрению рекомендует представить в НДК собрать статистические данные по поголовью крупного рогатого скота с подразделением по полу, возрасту и типу производства согласно Руководящим принципам (МГЭИК ,2006) том 4, глава 10, стр. 10.10-10.11. | Работы включены в план по усовершенствованию кадастра, планируется выполнить в рамках проекта "Единая национальная система мониторинга климатоактивных веществ". |
| A13 | Общие вопросы (сельское хозяйство) CH ₄ , N ₂ O | Группа экспертов по рассмотрению рекомендует представить в НДК информацию по расчету коэффициентов пересчета в среднегодовое поголовье скота за период 1990 по 2005 гг., а также предоставить поправочные коэффициенты для скота за данный временной период. | В текст внесены необходимые корректировки. |
| A14 | Общие вопросы (сельское хозяйство) CH ₄ | Группа экспертов по рассмотрению рекомендует представить в НДК четкую информацию по проведенным пересчетам в соответствии с Руководящими принципами РКИК ООН, Приложение 1 пункты 43 – 45 и 50. | В текст внесены необходимые дополнения |

Продолжение таблицы 5.30

| ID | Категория источников, газы | Замечание экспертов | Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования |
|-----|--|---|---|
| A15 | 3.A.1 КРС 3.B.1 КРС 3.D Прямая и косвенная эмиссия N ₂ O от сельскохозяйственных земель CH ₄ , N ₂ O | Группа экспертов по рассмотрению рекомендует представить в НДК четкую информацию по всем параметрам и допущениям, используемым для расчета GE, включая источники и корректные ссылки на данные, используемые в расчетах, а также описание метода, используемого для сбора данных о весе для оценки GE и годы, за которые данные отсутствуют. | В текст внесены необходимые дополнения |
| A16 | 3.B. Системы сбора, хранения и использования навоза 3.D Прямая и косвенная эмиссия N ₂ O от сельскохозяйственных земель, N ₂ O | Группа экспертов по рассмотрению рекомендует пересмотреть значения коэффициента экскрекции азота для КРС и повысить точность расчетов эмиссий закиси азота от систем сбора, хранения и использования навоза и сельскохозяйственных земель за период 2019 – 2020 гг. для молочного скота и 2001 -2004 гг. для КРС (без коров). Также предоставить объяснение о причинах колебаний значений коэффициента экскрекции азота, если такие имеют место быть. | Значения N _{ex} скорректировано, выполнены необходимые пересчеты, внесены изменения в текст НДК и таблицы ОТО |
| A17 | 3.B. Системы сбора, хранения и использования навоза 3.D Прямая и косвенная эмиссия N ₂ O от сельскохозяйственных земель CH ₄ , N ₂ O | Группа экспертов по рассмотрению рекомендует пересмотреть данные по доле распределения различных систем навоза для КРС для 1995 и 2007 - 2019 гг., сделать необходимые пересчеты эмиссий CH ₄ , N ₂ O от систем сбора, хранения и использования навоза и эмиссий N ₂ O от сельскохозяйственных почв, а также обеспечить согласованность данных в таблицах ОТО 3В и 3Д в НДК. | Выполнены пересчеты доли жидких и твердых систем хранения навоза для КРС (без коров) за период с 2017 – 2022 год, внесены корректировки в таблицы ОТО и НДК |
| A18 | 3.B.1 КРС CH ₄ | Группа экспертов по рассмотрению рекомендует проверить коэффициенты эмиссий метана от КРС (без коров) и исправить значений за 2004 и 2005 гг. и 2016 и 2017, а также предоставить объяснения в НДК. | Выполнены пересчеты, в текст внесены необходимые комментарии |
| A19 | 3.H Внесение мочевины в почвы – CO ₂ | Группа экспертов по рассмотрению рекомендует исправить исходные данные (в тоннах) о внесении мочевины в почвы за весь временной ряд в таблице 3.H таблицы ОТО, чтобы получить корректное значение IEF - 0,2 т CO ₂ - С | В таблицы ОТО внесены необходимые корректировки |

В соответствии с планом усовершенствований Российского национального кадастра ПГ, в сельскохозяйственном секторе предусматривается следующая работа:

- проверка изменений, уточнений и исправлений во всей используемой в расчетах статистической информации. При выявлении изменений – выполнение пересчетов;
- проведение анализа новой научно-исследовательской и справочной литературы, поиск усовершенствованных и/или новых данных, коэффициентов, параметров для уточнения расчетов выбросов в секторе;
- продолжить проведение исследований на фермах и предприятиях по условиям хранения жидких фракций навоза;
- провести анализ научно – исследовательской и справочной информации по уточнению норм кормления жвачных животных КРС молочного и мясного направлений;
- сбор статистических данных по поголовью скота с подразделением на половозрастные группы.

6. ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ, ИЗМЕНЕНИЯ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО (СЕКТОР 4 ОТО)

6.1 Обзор сектора и общая информация

В разделе 6 приведены исходные данные и результаты расчетов выбросов и поглощения ПГ в результате антропогенной деятельности при землепользовании, изменении землепользования и в лесном хозяйстве за полный ряд лет, охватываемый кадастром. Согласно решению Девятнадцатой Конференции Сторон РКИК (24/СР.19), инвентаризация ПГ в секторе ЗИЗЛХ должна выполняться на основе Руководящих принципов национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК (МГЭИК, 2006). В целях обеспечения прозрачности, сопоставимости и полноты охвата известных источников и поглотителей, Руководящие принципы национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК выделяют следующие категории землепользования:

- лесные земли;
- возделываемые земли (земли, занятые сельскохозяйственными культурами);
- сенокосы и пастбища (земли, занятые травянистой растительностью);
- водно-болотные угодья;
- поселения;
- прочие земли.

МГЭИК выделяет основные резервуары (пулы), изменения в которых могут сопровождаться выбросами или поглощением ПГ. Эти резервуары, включающие биомассу (надземную и подземную), мертвое органическое вещество и почвы, должны учитываться в ежегодных национальных кадастрах ПГ стран, включенных в Приложение I к РКИК ООН (МГЭИК, 2006).

Динамика баланса парниковых газов по категориям землепользования представлена в таблице 6.1. В целом сектор ЗИЗЛХ в 2023 г. компенсировал 56,3% суммарных антропогенных выбросов от секторов «Энергетика», «Промышленные процессы», «Сельское хозяйство» и «Отходы».

Управляемые леса, земли, переведенные в кормовые угодья (сенокосы и пастбища), а также защитные лесные насаждения, созданные на пахотных угодьях, являются стоком CO₂. Динамика выбросов в секторе ЗИЗЛХ в значительной степени определяется лесозаготовками и лесными пожарами. Сокращение выбросов во многом связано с уменьшением объема лесозаготовок в конце 1990-х и в 2000-х гг. по сравнению с 1990 г. Динамика выбросов CO₂ при землепользовании определяется в основном балансом углерода на пахотных землях. Относительно небольшой вклад в выбросы парниковых газов вносят постоянные сенокосы и пастбища (органогенные почвы), перевод пахотных земель в поселения и прочие земли, осушение органогенных почв и торфоразработки. Пул заготовленных лесоматериалов в 1991–2016 гг. выступал в качестве источника, а в 1990 г. и в 2017–2023 гг. – в качестве стока CO₂.

Выбросы CH₄ и N₂O обусловлены преимущественно лесными пожарами, а также осушением органогенных почв. Детализированные оценки выбросов и поглощения парниковых газов представлены в соответствующих таблицах ОТО (сектор 4).

На рисунке 6.1 приведено сопоставление вклада различных категорий землепользования в баланс ПГ в секторе ЗИЗЛХ. Рис. 6.2 содержит сопоставление вкладов различных ПГ. Результаты расчетов поглощения CO₂ и выбросов ПГ по источникам в секторе ЗИЗЛХ приведены на рисунке 6.3 и в таблице 6.1.

Выбросы N₂O от использования азотных удобрений представлены в разделе «Сельское хозяйство», что обусловлено использованием обобщенных данных национальной статистики о внесении азотных удобрений.

Таблица 6.1

Выбросы (+) и абсорбция (-) парниковых газов в лесном хозяйстве, при землепользовании и изменении в землепользовании по источникам¹⁾

| Подкатегории и газы | Выбросы (+) / поглощение (-) по категориям, тыс. т CO ₂ -экв. год ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|--------------------------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 4.A. Лесные земли | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.A.1. Постоянные лесные земли | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | -748740,4 | -1469688,5 | -1369909,6 | -1578716,9 | -1541997,5 | -1119595,9 | -1096041,8 | -927716,2 | -1027594,8 | -924322,5 | -887137,5 | -1018337,6 | -748561,9 | -1136781,3 | -1086608,8 |
| CH ₄ | 8498,8 | 7168,6 | 9227,0 | 12738,7 | 9856,7 | 11824,8 | 10155,6 | 17303,1 | 10223,3 | 16185,0 | 16523,4 | 12400,1 | 26825,4 | 6376,9 | 7011,0 |
| N ₂ O | 5775,5 | 5070,4 | 6055,6 | 7785,6 | 6201,9 | 7277,5 | 6398,8 | 10119,6 | 6412,7 | 9506,7 | 9695,7 | 7559,9 | 15048,0 | 4400,9 | 4695,6 |
| Все газы | -734466,1 | -1457449,5 | -1354627,0 | -1558192,6 | -1525938,9 | -1100493,5 | -1079487,3 | -900293,5 | -1010958,9 | -898630,8 | -860918,4 | -998377,6 | -706688,5 | -1126003,5 | -1074902,2 |
| 4.A.2. Земли, переведенные в лесные | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | -21742,1 | -24932,6 | -24876,1 | -22806,9 | -20149,6 | -17512,2 | -16995,6 | -16526,7 | -16025,0 | -15565,6 | -15 088,9 | -14 562,9 | -14082,4 | -13626,0 | -12455,5 |
| CH ₄ | 7,8 | 9,1 | 9,2 | 8,5 | 7,7 | 6,9 | 6,7 | 6,5 | 6,3 | 6,1 | 6,0 | 5,8 | 5,6 | 5,4 | 4,9 |
| N ₂ O | 4,1 | 4,7 | 4,8 | 4,5 | 4,0 | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 3,3 | 3,2 | 3,0 | 3,0 | 2,9 | 2,8 | 2,6 |
| Все газы | -21730,1 | -24918,7 | -24862,0 | -22793,9 | -20137,8 | -17501,7 | -16985,5 | -16516,8 | -16015,4 | -15556,3 | -15 080,0 | -14 554,1 | -14073,9 | -13617,8 | -12448,0 |
| 4.A. Итого по лесным землям | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | -770482,5 | -1494621,1 | -1394785,7 | -1601523,9 | -1562147,1 | -1137108,1 | -1113037,4 | -944242,8 | -1043619,8 | -939888,2 | -902226,4 | -1032900,4 | -762644,3 | -1150407,3 | -1099064,3 |
| CH ₄ | 8506,6 | 7177,6 | 9236,2 | 12747,2 | 9864,4 | 11831,7 | 10162,3 | 17309,6 | 10229,6 | 16191,1 | 16529,3 | 12405,9 | 26831,0 | 6382,3 | 7015,9 |
| N ₂ O | 5779,6 | 5075,2 | 6060,5 | 7790,1 | 6206,0 | 7281,1 | 6402,3 | 10123,0 | 6416,0 | 9510,0 | 9698,7 | 7562,9 | 15050,9 | 4403,7 | 4698,2 |
| Все газы | -756196,3 | -1482368,2 | -1379489,0 | -1580986,5 | -1546076,7 | -1117995,2 | -1096472,8 | -916810,3 | -1026974,3 | -914187,1 | -875998,4 | -1012931,7 | -720762,3 | -1139621,3 | -1087350,2 ³⁾ |
| 4.B. Возделываемые земли | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.B.1. Постоянные возделываемые земли | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 18784,7 | 13503,3 | 17673,4 | 19557,5 | 15157,7 | -4496,7 | 323,3 | 4682,0 | -9135,3 | -10967,5 | 41115,5 | 4522,9 | 3366,3 | 19361,5 | -42619,7 |
| 4.B.2. Земли, переведенные в возделываемые земли | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,5 | 14,6 | 35,4 | 28,7 | 15,5 | 15,5 | 23,0 | 21,0 | 48,4 | 33,0 |
| 4(II). Осушение органогенных почв | | | | | | | | | | | | | | | |
| CH ₄ | 1668,9 | 1523,2 | 1304,0 | 1151,0 | 1106,6 | 1095,1 | 1097,3 | 1097,1 | 1100,6 | 1102,3 | 1099,2 | 1094,6 | 1090,8 | 1091,9 | 1092,6 |
| 4.B. Итого по возделываемым землям | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 18784,7 | 13503,3 | 17673,4 | 19557,5 | 15157,7 | -4490,3 | 337,9 | 4717,4 | -9106,6 | -10952,0 | 41131,1 | 4545,9 | 3387,3 | 19409,9 | -42586,7 |
| CH ₄ | 1668,9 | 1523,2 | 1304,0 | 1151,0 | 1106,6 | 1095,1 | 1097,3 | 1097,1 | 1100,6 | 1102,3 | 1099,2 | 1094,6 | 1090,8 | 1091,9 | 1092,6 |
| Все газы | 20453,6 | 15026,5 | 18977,4 | 20708,4 | 16264,3 | -3395,1 | 1435,2 | 5814,5 | -8006,1 | -9849,7 | 42230,3 | 5640,6 | 4478,1 | 20501,8 | -41494,1 |
| 4.C. Сенокосы и пастбища | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.C.1. Постоянные сенокосы и пастбища | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 13765,1 | 12715,4 | 11665,7 | 10616,1 | 10139,9 | 10074,0 | 10066,0 | 10054,6 | 10072,9 | 10073,5 | 10092,9 | 10041,4 | 10055,1 | 10072,3 | 10089,7 |
| CH ₄ | 195,4 | 66,1 | 411,6 | 2753,0 | 2546,3 | 2847,3 | 1879,1 | 1200,9 | 1492,7 | 1619,2 | 1754,8 | 1569,4 | 1538,6 | 1357,7 | 1567,9 |
| N ₂ O | 169,0 | 57,2 | 355,7 | 2378,9 | 2200,4 | 2460,5 | 1623,8 | 1037,8 | 1289,8 | 1399,2 | 1516,2 | 1356,2 | 1329,4 | 1173,3 | 1354,9 |
| 4.C.2. Земли, переведенные в сенокосы и пастбища | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | -14367,7 | -59107,0 | -120656,2 | -165915,8 | -165589,5 | -139804,9 | -135273,0 | -143588,4 | -136737,2 | -137121,2 | -110599,1 | -106047,8 | -72097,8 | -98872,6 | -99519,0 |
| 4(II). Осушение органогенных почв | | | | | | | | | | | | | | | |
| CH ₄ | 788,0 | 727,9 | 667,8 | 607,7 | 580,5 | 576,7 | 576,2 | 575,6 | 576,6 | 576,7 | 577,8 | 574,8 | 575,6 | 607,0 | 638,7 |

Продолжение таблицы 6.1

| Подкатегории и газы | Выбросы (+) / поглощение (-) по категориям, тыс. т CO ₂ -экв. год ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 4.С. Итого по сенокосам и пастбищам | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | -602,6 | -46391,6 | -108990,5 | -155299,7 | -155449,6 | -129730,9 | -125207,0 | -133533,8 | -126664,3 | -127047,7 | -100506,2 | -96006,4 | -62042,7 | -88800,3 | -89429,2 |
| CH ₄ | 983,4 | 794,0 | 1079,4 | 3360,7 | 3126,8 | 3424,0 | 2455,3 | 1776,5 | 2069,3 | 2195,9 | 2332,5 | 2144,2 | 2114,2 | 1964,7 | 2206,6 |
| N ₂ O | 169,0 | 57,2 | 355,7 | 2378,9 | 2200,4 | 2460,5 | 1623,8 | 1037,8 | 1289,8 | 1399,2 | 1516,2 | 1356,2 | 1329,4 | 1173,3 | 1354,9 |
| Все газы | 549,8 | -45540,5 | -107555,3 | -149560,1 | -150122,4 | -123846,3 | -121127,9 | -130719,6 | -123305,2 | -123452,6 | -96657,4 | -92506,0 | -58599,0 | -85662,3 | -85867,8 |
| 4.D. Водно-болотные угодья | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.D.1. Постоянные водно-болотные угодья | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 3610,3 | 3610,3 | 3610,3 | 3610,3 | 3899,9 | 3899,9 | 3899,9 | 3899,9 | 3899,9 | 3744,5 | 3744,5 | 3697,9 | 3708,8 | 3639,5 | 3651,9 |
| 4.D.2. Земли, переведенные в водно-болотные угодья | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 3,0 | 2,9 | 0,2 | 3,0 | 0,0 | 96,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 4(II). Осушение и обводнение торфяников | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,0 | 41,0 | 53,1 | 48,9 | 57,6 | 63,6 |
| CH ₄ | 291,6 | 291,6 | 291,6 | 291,6 | 317,2 | 543,1 | 543,1 | 546,8 | 551,8 | 627,4 | 628,1 | 655,8 | 665,6 | 683,3 | 728,0 |
| N ₂ O | 39,6 | 39,6 | 39,6 | 39,6 | 49,8 | 781,3 | 781,3 | 793,4 | 809,6 | 809,6 | 811,6 | 809,2 | 850,6 | 850,7 | 956,8 |
| 4.D. Итого по водно-болотным угодьям | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 3613,3 | 3613,2 | 3610,5 | 3613,3 | 3899,9 | 3996,2 | 3900,0 | 3899,9 | 3899,9 | 3785,5 | 3785,5 | 3752,6 | 3757,8 | 3697,0 | 3715,5 |
| CH ₄ | 291,6 | 291,6 | 291,6 | 291,6 | 317,2 | 543,1 | 543,1 | 546,8 | 551,8 | 627,4 | 628,1 | 655,8 | 665,6 | 683,3 | 728,0 |
| N ₂ O | 39,6 | 39,6 | 39,6 | 39,6 | 49,8 | 781,3 | 781,3 | 793,4 | 809,6 | 809,6 | 811,6 | 809,2 | 850,6 | 850,7 | 956,8 |
| Все газы | 3944,5 | 3944,4 | 3941,7 | 3944,4 | 4267,0 | 5320,6 | 5224,4 | 5240,1 | 5261,4 | 5222,5 | 5225,2 | 5217,6 | 5273,9 | 5231,0 | 5400,3 |
| 4.E. Поселения | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.E.2. Земли, переведенные в поселения | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 18374,5 | 26833,9 | 24007,5 | 21227,2 | -6914,3 | 4632,3 | 46177,5 | 8602,8 | 8373,1 | 9657,8 | 8432,8 | 4691,0 | 17871,6 | 17525,3 | 24125,6 |
| CH ₄ | 0,3 | 1,5 | 2,3 | 2,9 | 3,4 | 3,7 | 3,9 | 4,0 | 4,1 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 4,5 | 4,6 | 4,7 |
| N ₂ O ³⁾ | 564,5 | 2933,9 | 2828,2 | 2713,0 | 140,3 | 132,6 | 2354,0 | 401,7 | 418,0 | 502,9 | 395,1 | 254,3 | 544,1 | 917,5 | 1348,2 |
| Все газы | 18939,4 | 29769,3 | 26838,0 | 23943,1 | -6770,6 | 4768,6 | 48535,5 | 9008,5 | 8795,2 | 10164,8 | 8832,2 | 4949,6 | 18420,2 | 18447,4 | 25478,5 |
| 4.F. Прочие земли | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.F.2. Земли, переведенные в прочие земли | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 0 | 20459,9 | 20459,9 | 20459,9 | 269,3 | 23289,3 | 64,5 | 585,2 | 819,6 | 415,8 | 580,6 | 653,0 | 3295,2 | 985,3 | 13171,6 |
| CH ₄ | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 228,1 | 228,1 | 231,8 | 236,8 | 237,3 | 238,0 | 237,4 | 250,1 | 250,4 | 283,4 |
| N ₂ O ⁴⁾ | 0 | 2594,7 | 2594,7 | 2594,7 | 7,1 | 741,5 | 744,1 | 761,7 | 784,5 | 799,1 | 814,1 | 825,1 | 954,7 | 893,1 | 1661,5 |
| Все газы | 0 | 23054,6 | 23054,6 | 23054,6 | 278,6 | 24259,0 | 1036,7 | 1578,7 | 1840,9 | 1452,3 | 1632,7 | 1715,5 | 4500,1 | 2128,8 | 15116,5 |
| 4.G. Заготовленные лесоматериалы | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | -8001,6 | 34731,3 | 28237,8 | 19104,9 | 4908,6 | 5466,9 | 3178,6 | 1479,0 | -3740,2 | -4291,6 | -4001,7 | -9301,3 | -3330,2 | -2363,4 | -3041,4 |
| Итого по сектору «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Все газы | -720310,6 | -1421382,5 | -1385995,0 | -1639791,2 | -1677251,2 | -1205421,7 | -1158190,3 | -1024409,0 | -1146128,2 | -1034941,4 | -918737,2 | -1097215,6 | -750019,2 | -1181337,9 | -1171758,1 |

Примечание: ¹⁾ Без учета территорий Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской и Херсонской областей. ²⁾ Итоговые значения могут незначительно отличаться от суммы представленных в таблицах величин в результате округления. ³⁾ с учётом оценок по данным научных организаций (ЦЭПЛ РАН, ИКИ РАН), подведомственных Минобрнауки России. ⁴⁾ Включая непрямы выбросы.

6. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (Сектор 4 ОТО)

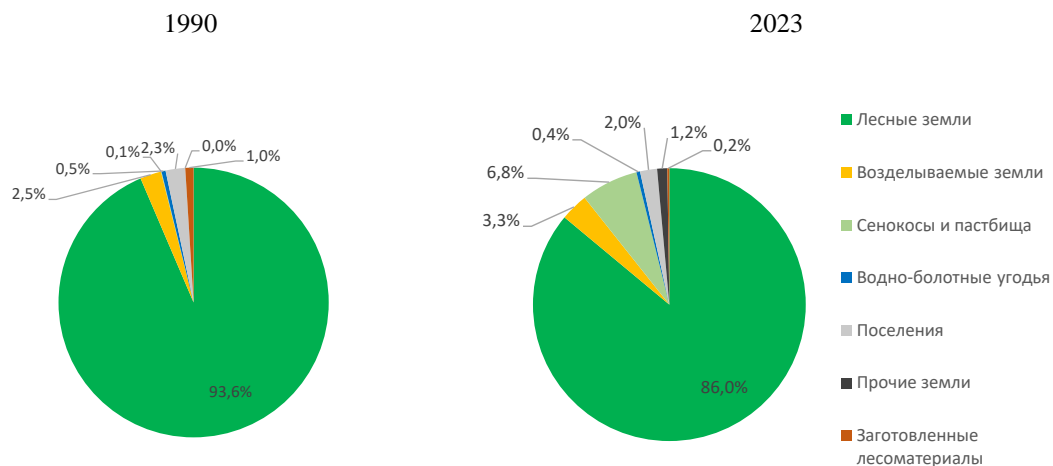


Рисунок 6.1 – Вклад различных категорий землепользования в баланс парниковых газов в секторе «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство»

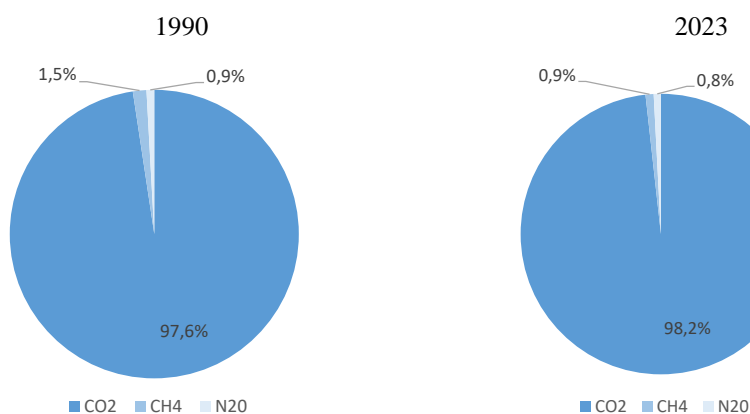


Рисунок 6.2 – Вклад различных парниковых газов в баланс парниковых газов в секторе «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство»

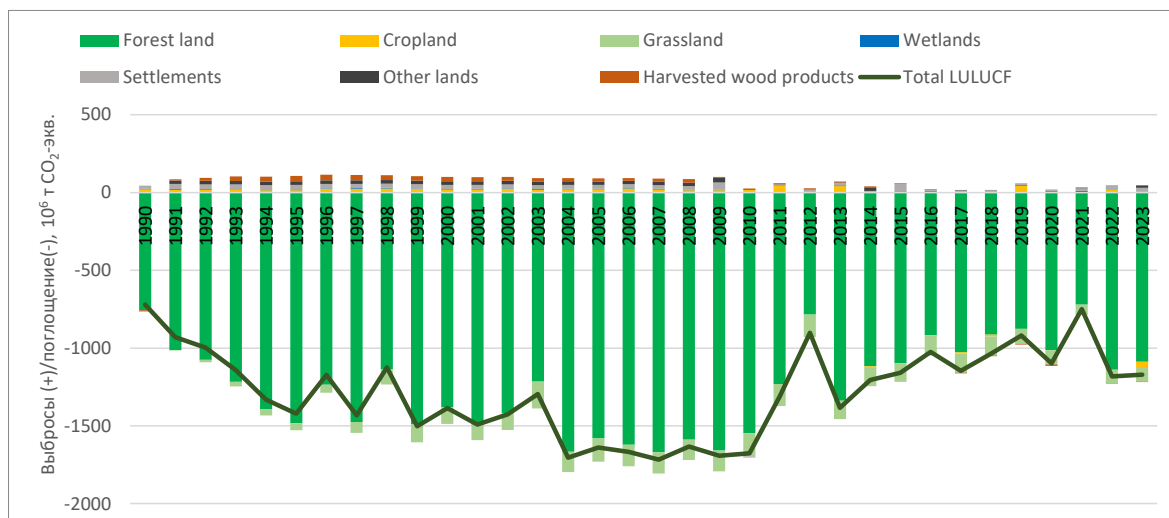


Рисунок 6.3 – Баланс парниковых газов в секторе «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство»

6.2 Определение землепользования, использованные подходы к представлению земель и их соответствие категориям землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства, включая матрицу конверсии земель

Все земли, находящиеся в пределах РФ, составляют земельный фонд страны. Согласно действующему законодательству и сложившейся практике, государственный учет земельного фонда страны осуществляется по *категориям* земель и *угодьям*. *Категория* земель определяется как часть земельного фонда, выделяемая по основному целевому назначению и имеющая определенного правообладателя и соответствующий правовой режим. *Угодья* входят в состав *категорий* земель и подразделяются на сельскохозяйственные (пашня, залежь, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища) и несельскохозяйственные (лесные угодья и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, болота и др.). *Угодья* определяются как систематически используемые или пригодные к использованию для конкретных хозяйственных целей земли. Действующее на территории РФ законодательство предусматривает 7 категорий земель:

- земли сельскохозяйственного назначения;
- земли населенных пунктов;
- земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения;
- земли особо охраняемых территорий и объектов;
- земли лесного фонда;
- земли водного фонда;
- земли запаса.

Для составления матрицы перевода земель использованы данные государственной статистической отчетности о наличии земель и распределении их по формам собственности, категориям, угодьям и пользователям в РФ, которые входят в Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в России по ежегодным данным Росреестра.

В состав Российской Федерации входят 89 субъектов РФ. В соответствии с данными федеральной статистической отчетности площадь земельного фонда РФ на 1 января 2023 г. составила 1 723 399,1 тыс. га без учета внутренних морских вод и территориального моря (Государственный..., 2023). В настоящем кадастре выполнены оценки выбросов и поглощений ПГ управляемыми экосистемами на территории 85 субъектов РФ в связи с отсутствием исходных данных по земельным угодьям территорий Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской и Херсонской областей, присоединенных в сентябре 2022 г.

Сведения о площадях земельных угодий РФ характеристики земель 85 субъектов РФ без учета площади земель Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской и Херсонской областей.

В соответствии с действующим законодательством с 1999 г. были внесены изменения в формирование площадей *категорий* земель и *угодий*, а также представление данных о них в формах статистической отчетности. Так до 1999 г. категория земель сельскохозяйственного назначения включала земли иных категорий, находившихся в использовании сельскохозяйственных предприятий и граждан, предоставленных им в пользование, включая земли лесного фонда, населенных пунктов, промышленности и иного специального назначения, запаса и др. В связи с изменением порядка формирования площадей категорий земель, с 1999 г. данные представляются только по площадям сельскохозяйственного назначения. Начиная с 1999 г. часть существующих лесов лесного фонда, входивших ранее в земли сельскохозяйственных предприятий и граждан (в большей части используемые для оленеводства), предоставленных им в долгосрочное пользование (до 25 лет), учитывается в категории земель лесного фонда. Ежегодные сведения о распределении земель по категориям отражают организационные, правовые и законодательные изменения в состоянии земельного фонда за отчетный период. Пространственно-временная динамика отдельных категорий земель учитывает изменения, происшедшие в соответствии с принятыми во время рассматриваемого периода нормативно-правовыми и законодательными актами. Так, увеличение земель населенных пунктов обусловлено

передачей местным органам власти части неиспользуемых земель, оставшихся после передачи в собственность гражданам земельных долей из состава земель сельскохозяйственного назначения (ранее бывших в ведении сельскохозяйственных предприятий).

Перевод земель из одной категории в другую – непрерывный процесс, связанный с предоставлением земельных участков для государственных, муниципальных и частных нужд, изменением границ населенных пунктов и границ муниципальных образований, возвратом в прежнюю категорию обработанных, рекультивированных или несоответствующих действующему законодательству земель. Кроме того, ведется последовательное приведение правового состояния земель в соответствие с действующим законодательством РФ. Результаты этой деятельности находят отражение в ежегодных формах государственной статистической отчетности о земельных ресурсах.

По данным Государственных (национальных) докладов о состоянии и использовании земель в 2003–2010 гг. с 1990 г. в границах территории РФ отмечалось выбытие сельскохозяйственных угодий из оборота при сокращении общей площади пахотных угодий. В 2011, 2013, 2015–2017 гг. наблюдалось небольшое увеличение площади пахотных угодий, по-видимому, за счет ранее выбывших площадей, а в 2012, 2014, 2018, 2019 гг. – сокращение. Значительные площади бывших пахотных угодий переводились в кормовые угодья, залежь и земли запаса, а часть бывших пахотных угодий, на которых ранее осуществлялись мероприятия по осушению, оказалась заболочена. Кроме того, сельскохозяйственные угодья в черте населенных пунктов могут вовлекаться в застройку, что также приводит к сокращению их площади в целом по стране. В свою очередь, из состава кормовых угодий (сенокосы и пастбища) ежегодно выбывают площади в результате зарастания кустарником и мелколесьем, которые впоследствии выводятся из состава сельскохозяйственных угодий и попадают в категорию лесных угодий.

Изменение площади земель водного фонда связано со вступлением в силу Водного кодекса РФ (2006), в соответствии с которым крупные водные объекты были выведены из состава земель хозяйствующих субъектов. До 1999 г. часть существующих лесов учитывалась в категории «Земли сельскохозяйственного назначения», а затем стала учитываться в категории «Земли лесного фонда». Эти изменения определяются модификацией правил учета, связанные с вступлением в силу Лесного кодекса РФ (1997), а не фактическими изменениями в характере землепользования.

Однако *категории* земель, установленные в пределах РФ, не имеют полного соответствия с категориями МГЭИК. Каждая *категория* земель РФ в значительной степени отражает ведомственную принадлежность земель и включает в себя все типы *угодий* (см. определение выше):

- сельскохозяйственные угодья (пахотные и кормовые угодья, залежи, многолетние насаждения);
- лесные земли (входящие в лесной фонд)
- земли под древесно-кустарниковой растительностью, не входящей в лесной фонд;
- земли под дорогами;
- земли застройки;
- земли под водой;
- земли под болотами;
- нарушенные земли;
- прочие земли.

Статистическая информация по типам *угодий* так же, как и по *категориям* земель, собирается Росреестром и публикуется в ежегодных докладах (Роснедвижимость, 1993–2009; Росреестр, 2010–2023). Указанные типы *угодий* полностью соответствуют категориям МГЭИК. Так лесные земли, входящие в лесной фонд и земли под древесно-кустарниковой растительностью, не входящей в лесной фонд, полностью соответствуют категории «4.А Лесные земли» МГЭИК, пахотные угодья и многолетние насаждения, входящие в состав сельскохозяйственных угодий – категории «4.В Возделываемые земли»; кормовые угодья и залежи – категории «4.С Сенокосы и пастбища», земли под водой и под болотами – категории «4.Д Водно-болотные угодья», земли под дорогами и под застройкой – категории «4.Е Поселения», нарушенные земли и прочие земли – категории «4.Ф Прочие земли». Сопоставление земельных категорий МГЭИК и типов *угодий* РФ приведено в таблице 6.2.

Таблица 6.2

*Соответствие определений категорий земель МГЭИК и типов угодий
Российской Федерации*

| Категории земель МГЭИК | Типы земельных угодий РФ |
|--|---|
| Лесные земли | |
| Вся территория с древесной растительностью, соответствующая пороговым критериям, используемым для определения лесной площади в национальном кадастре парниковых газов, с подразделением на управляемые и неуправляемые территории, а также по типам экосистем, указанным в Руководящих принципах МГЭИК. Она также включает системы с растительностью, которая в настоящее время не превышает порогового критерия категории лесной площади, но, как ожидается, превысит его. | Лесные площади и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд. Лесные площади включают лесные и нелесные земли, относящиеся к категории земель лесного фонда, а также земельные участки, покрытые лесом и не покрытые лесом, расположенные на землях других категорий. Покрытые лесом земли – это лесные площади, занятые древесной, кустарниковой растительностью с полнотой насаждения от 0,3 до 1. |
| Возделываемые земли | |
| Все сельскохозяйственные угодья и обрабатываемые земли, а также системы агролесомелиорации, в которых показатели растительности находятся ниже пороговых критериев, используемых для категории лесных площадей, в соответствии с выбором национальных определений. | Сельскохозяйственные угодья – это угодья, систематически используемые для получения сельскохозяйственной продукции. Пашня – сельскохозяйственное угодье, систематически обрабатываемое и используемое под посевы сельскохозяйственных культур. Многолетние насаждения – сельскохозяйственное угодье, используемое под искусственно созданные древесные, кустарниковые или травянистые многолетние насаждения для получения урожая плодово-ягодной, технической и лекарственной продукции. |
| Пастбища | |
| Эта категория включает земли, пригодные для выпаса скота и пастбища, которые не считаются возделываемыми землями. Она также включает системы с растительностью, которая не превышает порогового критерия, используемого в категории лесных площадей, и которые, как ожидается, не превысят без вмешательства человека порогового значения, используемого в категории лесных площадей. Эта категория также включает все пастбища от целинных земель до зон отдыха, а также сельскохозяйственные и лесопастбищные системы, подразделенные на управляемые и неуправляемые в соответствии с национальными определениями. | Сенокос – сельскохозяйственное угодье, систематически используемое под сенокошение. Пастбище – сельскохозяйственное угодье, систематически используемое для выпаса животных. Залежь – земельный участок, который ранее использовался под пашню и более 1 года не используется для посева сельскохозяйственных культур. |
| Водно-болотные угодья | |
| Эта категория включает земли, которые покрыты или насыщены водой в течение всего года или его части (например, торфяники) и которые не подпадают под категории лесных площадей, пахотных земель, пастбищ или поселений. В соответствии с национальными определениями эта категория может быть подразделена на управляемые и неуправляемые категории. Управляемые земли включают торфозаготовки и водохранилища. В неуправляемые угодья входят ненарушенные болота, реки и озера. | Земли под водой и болотами, в том числе под реками, ручьями, озерами, водохранилищами, прудами, искусственными водоемами, осушительными и оросительными каналами и др., заболоченные земли. |

Продолжение таблицы 6.2

| Категории земель МГЭИК | Типы земельных угодий РФ |
|--|---|
| Поселения | |
| Эта категория включает все обустроенные земли, включая транспортную инфраструктуру и поселения любого размера, если только они уже не включены в другие категории. Она должна соответствовать выбору национальных определений. | <p>Земли застройки – в эти угодья включены площади под зданиями и сооружениями, а также земельные участки, необходимые для их эксплуатации и обслуживания.</p> <p>Земли под дорогами – в эти угодья включены земли, расположенные в полосах отвода автомобильных и железных дорог, а также скотопрогоны, улицы, проезды, проспекты, площади, иные пути сообщения.</p> |
| Прочие земли | |
| Эта категория включает лишнюю растительность почву, скальный грунт, лед и все неуправляемые земельные площади, которые не входят ни в одну из пяти других категорий. При наличии данных она позволяет согласовать национальную территорию с совокупностью определенных земельных площадей. | <p>Прочие земли – в состав включены скальные покрытия, пески, овраги и прочие земли, а также участки тундры.</p> <p>Нарушенные земли – земли, утратившие свою хозяйственную ценность в связи с нарушением почвенного покрова, гидрологического режима и образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека.</p> |

Динамика площадей угодий и общая площадь земельного фонда РФ за период с 1990 по 2022 гг. приведена в таблице 6.3. В соответствии с требованиями отчетности для Сторон Приложения I РККИК и на основании рекомендаций групп экспертов по рассмотрению Национальных кадастров РФ, поданных в 2009 и 2010 гг., для формирования отчетности по выбросам ПГ в секторе ЗИЗЛХ составлена матрица перевода земель на территории России за период с 1990 по 2009 гг. в целом на основе доступных данных и информации, содержащейся в отчетах Росреестра и Рослесхоза. За 2010–2023 годы составлены ежегодные матрицы перевода земель, на основе детализированных данных Росреестра (Росреестр, 2011b, 2012b, 2013b; Росреестр, 2014–2024).

При составлении матриц преобразований в землепользовании учитывалось, что:

- по данным Росреестра (Роснедвижимость, 2004–2009; Росреестр, 2010–2024) преимущественный перевод пахотных угодий осуществлялся в кормовые угодья, болотные и прочие земли, а также в земли населенных пунктов;
- из состава кормовых угодий (сенокосы и пастбища) ежегодно выбывают площади в неуправляемые лесные угодья при их естественном зарастании кустарником и мелколесьем;
- площадь управляемых лесных земель увеличивается за счет перевода лесов, принадлежащих ранее другим ведомствам, перевода из категории резервных лесов, а также за счет уточнения лесных площадей в результате лесоустройства. Таким образом, осуществляется перевод земель из неуправляемых лесных угодий в управляемые леса;
- по данным Росреестра перевод земель, в частности лесных и сельскохозяйственных угодий, осуществляется под нужды промышленного и транспортного строительства, прокладки трубопроводов и другое строительство (Росреестр, 2010). Этот вид землепользования учтен в категории МГЭИК земли поселений;
- значительные площади угодий переводятся из категории или в категорию *прочие земли* (в соответствии с классификацией МГЭИК).

Таблица 6.3

Площади угодий в Российской Федерации в соответствии с категориями МГЭИК¹⁾

| Типы угодий | Динамика площадей по годам, тыс. га ²⁾ | | | | | | | | | | | | | | | Изменения | |
|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2023 г. к 2022 г. | 2023 г. к 1990 г. |
| 5.A Лесные земли (ЛЗ) | 778538 | 818092 | 857646 | 897200 | 897335 | 898115 | 897012 | 897014 | 897016 | 897016 | 897012 | 897020 | 896983 | 896992 | 897267 | 275 | 118729 |
| 5.A.1 Лесные земли, остающиеся ЛЗ | 778441 | 778245 | 778106 | 777978 | 777850 | 777671 | 776266 | 776256 | 776245 | 776236 | 776215 | 776210 | 776169 | 776150 | 776138 | -12 | -2302 |
| - управляемые | 626057 | 632822 | 632822 | 634901 | 696412 | 696412 | 696412 | 696412 | 696412 | 696508 | 740895 | 740895 | 740895 | 741549 | 741710 | 161 | 115653 |
| - неуправляемые | 152384 | 145423 | 145283 | 143077 | 81438 | 81259 | 79854 | 79843 | 79833 | 79728 | 35319 | 35314 | 35274 | 34601 | 34429 | -172 | -117955 |
| 5.A.2 Земли, переустроенные в ЛЗ | 97 | 31900 | 79540 | 119222 | 119485 | 120444 | 120746 | 120759 | 120771 | 120780 | 120798 | 120810 | 120813 | 120842 | 121129 | 286 | 121032 |
| 5.B Пахотные земли | 132545 | 120962 | 103554 | 91403 | 90430 | 90710 | 91776 | 92578 | 93042 | 92181 | 91998 | 92207 | 92324 | 93225 | 92616 | -609 | -39928 |
| 5.C Луговые угодья (ЛУ) | 89106 | 98167 | 113969 | 123947 | 122302 | 122094 | 122763 | 122043 | 121674 | 122606 | 122859 | 122711 | 122588 | 121725 | 122201 | 476 | 33095 |
| 5.C.1 Луговые угодья, остающиеся ЛУ | 87937 | 86722 | 87911 | 87581 | 86578 | 86321 | 86793 | 86696 | 86554 | 86404 | 86314 | 86231 | 86158 | 86003 | 85695 | -308 | -2242 |
| - управляемые (сенокосы и пастбища) | 80139 | 78669 | 72642 | 72482 | 70104 | 70462 | 70648 | 70789 | 70953 | 70996 | 71183 | 71012 | 70899 | 71020 | 71143 | 123 | -8996 |
| - неуправляемые | 7798 | 8053 | 15269 | 15099 | 16474 | 15835 | 16057 | 15819 | 15514 | 15320 | 15044 | 15132 | 15171 | 14895 | 14577 | -318 | 6779 |
| 5.C.2 Земли, переведенные в ЛУ | 1169 | 11445 | 26058 | 36366 | 35724 | 35773 | 35970 | 35347 | 35120 | 36202 | 36544 | 36481 | 36430 | 35723 | 36481 | 758 | 35312 |
| 5.D Водно-болотные угодья | 179295 | 191311 | 203331 | 215376 | 225054 | 225025 | 226828 | 226825 | 226821 | 226821 | 226820 | 226826 | 226816 | 226815 | 226789 | -27 | 47494 |
| 5.D.1 Водно-болотные угодья (ВБУ), остающиеся ВБУ | 177011 | 177583 | 178153 | 178723 | 181575 | 190730 | 194609 | 196898 | 199187 | 201477 | 203771 | 206059 | 208348 | 210637 | 212939 | 2302 | 35927 |
| - торфоразработки | 317 | 317 | 317 | 317 | 342 | 342 | 342 | 342 | 342 | 342 | 342 | 342 | 342 | 342 | 342 | 0 | 25 |
| - неуправляемые ВБУ | 176695 | 177266 | 177836 | 178407 | 181233 | 190388 | 194267 | 196556 | 198845 | 201135 | 203429 | 205717 | 208006 | 210295 | 212597 | 2302 | 35902 |
| 5.D.2 Земли, переведенные в ВБУ | 2284 | 13728 | 25178 | 36653 | 43478 | 34294 | 32219 | 29927 | 27634 | 25344 | 23049 | 20767 | 18468 | 16179 | 13850 | -2329 | 11566 |

Продолжение таблицы 6.3

| Типы угодий | Динамика площадей по годам, тыс. га ²⁾ | | | | | | | | | | | | | | | Изменения | |
|-----------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|-------------------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2023 г. к 2022г. | 2023 г. к 1990 г. |
| 5.Е Поселения (П) | 9153 | 10335 | 11456 | 12538 | 13724 | 13868 | 14170 | 14199 | 14224 | 14256 | 14278 | 14294 | 14334 | 14398 | 14496 | 98 | 5344 |
| 5.Е.1 Поселения, остающиеся П | 9097 | 9097 | 9097 | 9097 | 9153 | 10102 | 10461 | 10689 | 10913 | 11136 | 11360 | 11582 | 11799 | 12016 | 12233 | 216 | 3136 |
| 5.Е.2 Земли, переустроенные в П | 56 | 1238 | 2359 | 3441 | 4571 | 3767 | 3709 | 3510 | 3311 | 3121 | 2917 | 2712 | 2536 | 2382 | 2264 | -118 | 2208 |
| 5.Ф Прочие земли (ПЗ) | 521133 | 470958 | 419868 | 369360 | 360980 | 360013 | 359971 | 359860 | 359742 | 359640 | 359552 | 359461 | 359474 | 359363 | 359150 | -213 | -161983 |
| 5.Ф.1 Прочие земли, остающиеся ПЗ | 521188 | 470501 | 418954 | 367989 | 359241 | 358455 | 358504 | 358482 | 358451 | 358440 | 358443 | 358443 | 358534 | 358514 | 358365 | -149 | -162823 |
| 5.Ф.2 Земли, переведенные в ПЗ | 0 | 914 | 1828 | 2742 | 3477 | 3115 | 2933 | 2756 | 2582 | 2400 | 2219 | 2036 | 1877 | 1695 | 1567 | -128 | 1567 |
| Всего земель⁵⁾ | 1709824 | 1709824 | 1709824 | 1709824 | 1709825 | 1712519 | 1712519 | 1712519 | 1712519 | 1712519 | 1712519 | 1712519 | 1712519 | 1712519 | 1712519 | 0 | 2695 |

¹⁾ на основе данных Росреестра на конец года. Сведения о площадях земельных угодий РФ содержат характеристики земель 85 субъектов РФ без учета площади земель Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской и Херсонской областей.

²⁾ данные за 1991-1994, 1996-1999, 2001-2004, 2006-2009, 2011 годы представлены в предыдущих НДК.

³⁾ суммарная площадь земель, переведенных в управляемые и неуправляемые луговые угодья.

⁴⁾ торфопеработки

⁵⁾ итоговые значения могут незначительно отличаться от суммы представленных в таблицах величин в связи с округлением значений.

Учитывая вышеизложенную информацию, при составлении матрицы земель РФ за период 1990-2009 гг. были приняты следующие допущения:

- неиспользуемые пахотные угодья, определяемые как разница между статистическими данными общей площади пашни и суммой культивируемых земель, т.е. посевов, пара и многолетних насаждений, зарастает луговой растительностью и используется под нужды сельского населения как пастбищные и сенокосные угодья, т.е. осуществляется перевод из пахотных в управляемые кормовые угодья, а также частично может зарастать лесной растительностью;
- увеличение площади поселений произошло за счет застройки выбывших пахотных угодий, а также в результате обезлесения на территории управляемых и неуправляемых лесов;
- значительная часть остальных брошенных пахотных угодий (65%) перешла в неуправляемые луговые угодья; еще 33% переводится в прочие земли; и 2% брошенной пашни может вторично заболачиваться, т.е. перешла в водно-болотные угодья;
- все площади облесения происходят на бывших пахотных угодьях (по данным Рослесхоза);
- площади обезлесения из лесного фонда переводятся в категорию поселений, т.к. используются в основном под строительство дорог, трубопроводов и т.д.

На основании этих допущений составлена матрица перевода угодий в соответствии с классификацией МГЭИК в целом за период с 1990 по 2009 год (Российская Федерация, 2011). Ежегодные матрицы перевода земель за 2010 – 2023 годы составлены на основе детализированных данных Росреестра (Росреестр, 2011b, 2012b, 2013b; Росреестр, 2014, - 2024).

При разработке ежегодных матриц конверсии земель за 1990-2009 гг. для оценки площадей, переведенных в категорию водно-болотных угодий, земель поселений и других земель был применен метод интерполяции на основе суммарной переведенной площади за этот период. Площади управляемых и неуправляемых угодий по всем типам, приведенные в соответствующих таблицах ОТО, проверены на соответствие общей площади страны. Площади постоянных угодий категорий водно-болотных угодий, земель поселений и других земель в ОТО для 1990-2009 гг. определены как разница между их общей ежегодной площадью и значениями площадей переведенных угодий.

Матрица угодий за 2022 год составлена на основе статистических данных, полученных из отчетных материалов Росреестра (Росреестр, 2023), Рослесхоза и Росстата. Площади лесных земель, переведенные в земли поселений в 1990-1996 гг., были учтены в категории постоянных земель поселений, т.к. истек период конверсии, принятый по умолчанию равным 20 годам. В постоянные площади других угодий также были включены земли, переведенные в них в 1990 г. Исключение, составили пахотные земли, переведенные в лесные земли, а также пахотные земли, переведенные в кормовые угодья, для которых принят национальный период конверсии – 50 лет (см. разделы 6.3.1.2 и 6.3.3.2).

Изменение площади лесных земель и водно-болотных угодий в 2015 г. связано с завершением лесоустроительных работ в Ямало-Ненецком АО. В результате уточнения площади лесных земель в 2015 г. сократились на 1,38 млн га за счет увеличения площади болот.

В соответствии с требованиями методических руководств МГЭИК, в частности (МГЭИК, 2006), в национальных кадастрах Сторон Приложения I РКИК оцениваются только антропогенные выбросы и поглощение парниковых газов, т.е. оценки производятся только для категорий управляемых земель, а также земель, переведенных в управляемые при условии антропогенного характера изменений.

6.3 Подходы, обусловленные национальной спецификой

6.3.1 Лесные земли (раздел 4.А ОТО)

6.3.1.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями

6.3.1.1.1 – Характеристика подкатегории

Методология МГЭИК выделяет «управляемые земли» как территорию, где осуществляется систематическая антропогенная деятельность для выполнения соответствующих социальных, экономических и экологических задач (МГЭИК, 2003). На территории лесного фонда

России можно выделить управляемые леса, на территории которых ведется систематическая антропогенная деятельность для выполнения необходимых социальных, экономических и экологических задач по обеспечению рационального, непрерывного и неистощительного лесопользования, воспроизводства, охраны, защиты и мониторинга лесов. Целенаправленная деятельность по использованию, охране, защите и воспроизводству лесов, выполняемая и регулируемая национальным законодательством, составляет основу устойчивого управления лесами. Устойчивое управление означает комплекс экономически обоснованных и экологически безопасных лесохозяйственных мероприятий, для реализации которых необходимы следующие условия:

- Обеспеченность данными регулярных государственных учётов на основе материалов лесоустройства и государственной инвентаризации лесов (ГИЛ).
- Эффективно действующая охрана и защита лесов, обеспечивающая стабилизацию и снижение потерь от пожаров и других причин гибели древостоев.
- Организованная хозяйственная деятельность в лесах на основе долгосрочного планирования и учета их экономического назначения и экологических функций.
- В РФ управление лесным хозяйством определяется как система антропогенной (хозяйственной) деятельности по рациональному управлению и использованию лесами в целях выполнения ими соответствующих экологических (включая биологическое разнообразие), экономических и социальных функций устойчивым образом. Управление лесами (лесоуправление) представляет собой цельную систему взаимосвязанных организационно-хозяйственных мероприятий по обеспечению устойчивого и неистощительного пользования лесными ресурсами.
- В рамках управления лесами проводятся следующие мероприятия: регулярный учет, количественная оценка и анализ состояния, пространственно-временной и ресурсной динамики лесного фонда; лесовосстановительные мероприятия и уход за лесом; охрана и защита лесов от пожаров и прочих причин гибели лесных насаждений; определение оптимального размера лесозаготовок (расчетная лесосека); сплошные и выборочные рубки, заготовки недревесного сырья и другой лесной продукции.

В состав управляемых лесов России согласно Докладу об установленном количестве выбросов (2007) входят лесные земли лесного фонда (за исключением резервных лесов). В состав управляемых лесных земель также включены особо охраняемые природные территории (ООПТ), земли обороны и безопасности, леса на землях населенных пунктов, а также частично леса на землях сельскохозяйственного назначения, которые ранее относили к колхозным лесам. Лесные земли обороны и безопасности и лесные земли ООПТ входили в состав земель лесного фонда до 1993 г. и до 2008 г. соответственно. Карта с границами управляемых лесов, разработанная Институтом космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), представлена на рисунке 6.4.

К неуправляемым лесным землям относятся резервные леса. Согласно Лесному кодексу (статья 118, часть 1) к резервным относятся леса, в которых в течение двадцати лет не планируется осуществлять заготовку древесины, за исключением заготовки древесины гражданами для собственных нужд. Согласно Лесоустроительной инструкции, утвержденной приказом Минприроды от 5 августа 2022 года N 510, проектирование резервных лесов осуществляется в отношении лесов, входящих в зону экстенсивного освоения лесов, которые недоступны для освоения в целях заготовки древесины вследствие их удаленности от транспортных путей, отсутствия или слабо развитой лесной инфраструктуры в указанных лесах. Отнесение резервных лесов к управляемым возможно по результатам выполнения климатических проектов на территории резервных лесов, а также в результате сокращения зон контроля в резервных лесах, предполагающих дополнительные меры по тушению лесных пожаров. Такой подход соответствует Приказу Росгидромета № 348 от 07.10.2021 г. «Об утверждении Методики определения и предоставления значения показателя «Поглощения лесами углерода» Федерального проекта «Сохранение лесов» Национального проекта «Экология»».



Рисунок 6.4 – Схема расположения управляемых лесных земель на территории Российской Федерации (источник: ИКИ РАН)

ФГБУ «ИГКЭ» совместно с ЦЭПЛ РАН и ИКИ РАН предложили зонирование территории Российской Федерации, обеспечивающее оптимальную комбинацию данных дистанционного зондирования Земли из космоса (ДЗЗ), данных государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) и наземных обследований по критерию максимальной точности получаемых оценок параметров бюджета углерода в лесах страны. На совещании в Минэкономразвития 4 июля 2024 г. был утвержден предложенный комбинированный подход на основе зонирования территории Российской Федерации (рис. 6.5):

Зона 1 – использование преимущественно данных ДЗЗ (включены крупные субъекты РФ, которые отличаются низкой плотностью пробных площадей ГИЛ и значительными площадями труднодоступных территорий (Архангельская обл., Ненецкий АО, Республика Коми, Ямало-Ненецкий АО, Ханты-Мансийский АО, Красноярский край, Республика Тыва, Иркутская обл., Республика Бурятия, Забайкальский край, Республика Саха (Якутия), Хабаровский край, Камчатский край, Магаданская обл., Сахалинская обл., Чукотский АО). Использование ДЗЗ позволило уточнить и актуализировать оценки запасов и изменений запасов углерода в труднодоступных регионах по сравнению с данными ГИЛ, основанными на относительно небольшом количестве пробных площадей. Важное преимущество ДЗЗ – получение достоверных данных о площадях пожаров и погибших древостоев, которые невозможно получить наземными методами в этих субъектах РФ.

Зона 2 – использование данных наземных обследований лесов (ГИЛ, ведомственные данные Рослесхоза) – остальные субъекты РФ в Европейской части РФ, на юге Сибири и Дальнего Востока. Субъекты РФ, относящиеся к этой зоне, отличаются высокой плотностью пробных площадей, что позволяет получать достоверные данные о запасах древесины и углерода. Наземные обследования, проводимые региональными органами управления лесным хозяйством, в этой зоне могут дать более точные и достоверные сведения о нарушениях лесного покрова (рубки, пожары) по сравнению с данными ДЗЗ.

В целом использование комбинированного подхода позволяет уточнить как поглощающий потенциал управляемых лесных экосистем, так и потери углерода на основе ежегодных актуальных данных об объемах лесозаготовок, площадях пожаров и погибших древостоев. В национальных докладах прошлых лет использование данных государственного лесного реестра,

отличающихся меньшей точностью и достоверностью, а также завышенных усредненных расчетных данных по площадям рубок и погибших древостоев, приводило к заниженным оценкам нетто-поглощения управляемыми лесами.



Рисунок 6.5 – Зонирование территории Российской Федерации с учетом комбинирования ведомственных данных Рослесхоза и данных ДЗЗ для уточнения нетто-поглощения углерода лесными экосистемами (источник: ИКИ РАН). Условные обозначения: зона 1 – использование преимущественно данных ДЗЗ; зона 2 – использование данных наземных обследований лесов. (Источник – ИКИ РАН)

Предложенный подход послужил основой для разработки предложений в Проект приказа Минприроды России «О внесении изменений в приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 25.04.2022 № 298 "Об утверждении порядка подготовки кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов"».

Площади управляемых лесов России корректируются с учетом вовлечения лесов в хозяйственный оборот. Площади управляемых лесных земель России приведены в таблице 6.2 и на рисунке 6.6. По данным Росреестра по состоянию на 01.01.2024 г. лесные земли РФ охватывали 897,3 млн га, а лесные земли, входящие в лесной фонд, по данным Рослесхоза составили 862,7 млн га или 96,2% лесных земель страны. Управляемые лесные земли России (с учетом защитных и эксплуатационных лесов лесного фонда, лесов на землях ООПТ, земель обороны и безопасности, лесов на землях населенных пунктов, бывших колхозных лесов, управляемых резервных лесов, климатического проекта ОК РУСАЛ по охране резервных лесов от пожаров) в настоящее время занимают 741,7 млн га или 82,7% лесных земель РФ. Леса на землях иных категорий не включены в состав управляемых в связи с отсутствием достоверной информации о породно-возрастном составе этих лесов, а также данных по лесоуправлению и лесопользованию. Управляемые леса охватывают большую часть лесных земель страны и, соответственно, определяют динамику выбросов и поглощения парниковых газов в лесном секторе. Схема расположения управляемых лесов на территории страны приведена на рисунке 6.4. К управляемым относятся большая часть лесов Приволжского, Северо-Западного, Северо-Кавказского, Уральского, Центрального, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

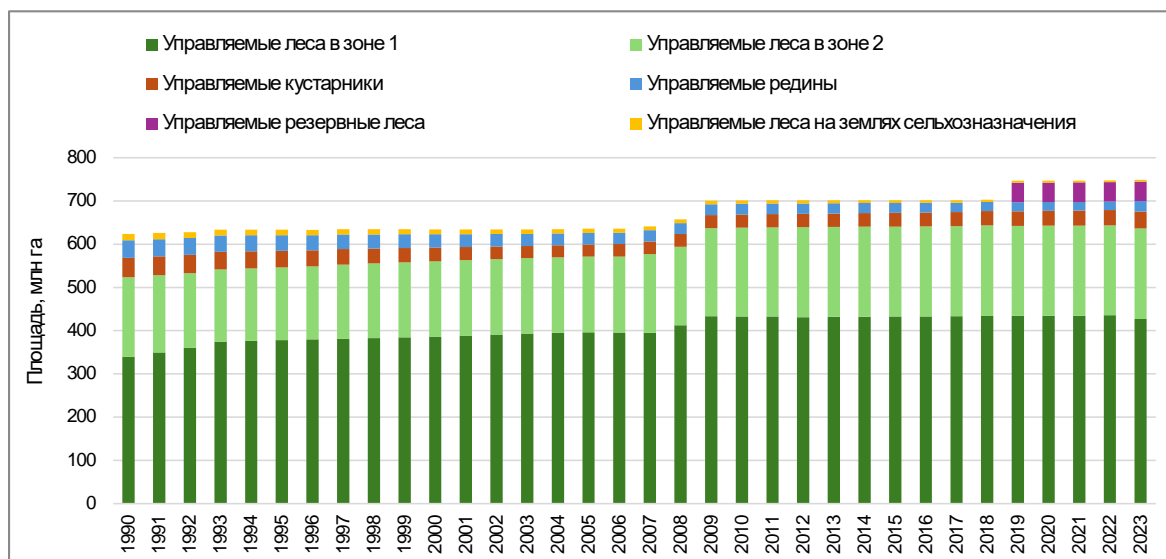


Рисунок 6.6 – Динамика площади управляемых лесных земель Российской Федерации.

В состав покрытых лесной растительностью земель включаются лесные насаждения с преобладанием древесных и кустарниковых пород с полнотой 0,3 и выше (для молодняков 0,4 и выше) и минимальной площадью от 1 га и более. В настоящем докладе в состав управляемых лесных земель включены также сообщества с преобладанием, как деревьев, так и кустарников, а также по предложению ЦЭПЛ РАН – редины (насаждения с полнотой меньше 0,3).

В основу расчетов положены дезагрегированные данные по площадям покрытых лесной растительностью земель, площадям лесозаготовок, пожаров и погибших насаждений, а также данные о площадях и запасах лесных насаждений по преобладающим породам и классам возраста в разрезе субъектов РФ.

6.3.1.1.1 Баланс диоксида углерода в управляемых лесах (за исключением управляемых резервных лесов)

Баланс CO_2 определяется соотношением поглощения и выбросов, связанных с потерями углерода в результате рубок и пожаров, приводящих к гибели древостоев (таблица 6.4, рис. 6.7). Основной вклад вносят леса лесного фонда, относящиеся к зонам 1 и 2, а вклад других категорий управляемых лесных земель относительно невелик. В среднем за 1990-2023 гг. управляемые леса обеспечивали поглощение 1247 млн т CO_2 (с вариациями от 597 до 1723 млн т CO_2). Минимальные значения поглощающей способности приходились на 1990-1993 гг., отличавшиеся значительными объемами лесозаготовок, а максимальные значения приходились на 2004-2010 гг. В последующие годы поглощающая способность управляемых лесов снижалась, что связано со значительными пожарными нарушениями (особенно в лесах, относящихся к зоне 1) и увеличением объема лесозаготовок. Значительные межгодовые вариации нетто-поглощения в управляемых лесах, особенно в зоне 1 (ДЗЗ) в основном связаны с пожарными нарушениями.

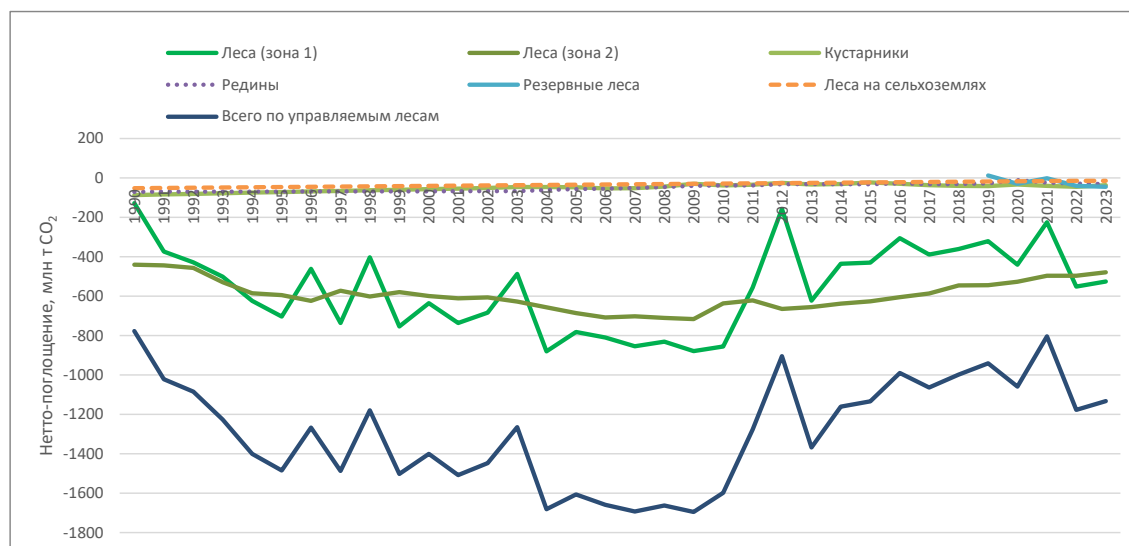
Таблица 6.4

Баланс CO_2 в управляемых лесных экосистемах

| Годы | Нетто-поглощение, млн т CO_2 | | | | | | Всего по управляемым лесам |
|------|---------------------------------------|---------------|------------|--------|----------------|-----------------------|----------------------------|
| | Леса (зона 1) | Леса (зона 2) | Кустарники | Редины | Резервные леса | Леса на сельхозземлях | |
| 1990 | -127,8 | -440,5 | -86,8 | -70,4 | - | -51,5 | -777,0 |
| 1995 | -702,8 | -594,7 | -71,9 | -69,2 | - | -45,7 | -1484,4 |
| 2000 | -636,0 | -599,4 | -57,0 | -68,1 | - | -39,9 | -1400,4 |

Продолжение таблицы 6.4

| Годы | Нетто-поглощение, млн т CO ₂ | | | | | | |
|------|---|---------------|------------|--------|----------------|-----------------------|----------------------------|
| | Леса (зона 1) | Леса (зона 2) | Кустарники | Редины | Резервные леса | Леса на сельхозземлях | Всего по управляемым лесам |
| 2005 | -781,8 | -686,0 | -47,3 | -56,5 | - | -34,1 | -1605,7 |
| 2010 | -855,9 | -637,1 | -38,6 | -38,4 | - | -28,3 | -1598,3 |
| 2015 | -429,2 | -626,5 | -23,0 | -31,9 | - | -22,5 | -1133,2 |
| 2016 | -305,3 | -605,6 | -30,0 | -27,2 | - | -21,3 | -989,4 |
| 2017 | -388,4 | -586,2 | -36,4 | -32,0 | - | -20,2 | -1063,2 |
| 2018 | -361,1 | -545,8 | -40,1 | -31,6 | - | -19,0 | -997,7 |
| 2019 | -321,5 | -544,9 | -41,1 | -27,9 | 12,3 | -17,8 | -940,9 |
| 2020 | -440,6 | -527,2 | -33,3 | -10,9 | -30,3 | -16,7 | -1058,9 |
| 2021 | -225,0 | -496,8 | -40,4 | -24,4 | -1,8 | -15,5 | -804,0 |
| 2022 | -551,6 | -496,2 | -45,5 | -29,0 | -40,5 | -14,4 | -1177,2 |
| 2023 | -525,2 | -479,3 | -37,1 | -31,3 | -45,3 | -14,4 | -1132,6 |

Рисунок 6.7 – Нетто-поглощение CO₂ управляемыми лесами Российской Федерации.

6.3.1.1.2 Баланс диоксида углерода в управляемых резервных лесах

В связи с сокращением с 2019 г. зон контроля в резервных лесах, предполагающим мероприятия по тушению лесных пожаров, на основании поручения Правительства РФ от 31.07.2019 № ДМ-П9-6529, поручения Правительства РФ от 24.08.2022 № ММ-П11-14247, поручения Президента РФ от 04.06.2023 №Пр-1112, в состав управляемых лесов включены 44528,1 тыс. га лесных земель резервных лесов на территории Амурской и Иркутской областей, Забайкальского, Камчатского, Красноярского и Хабаровского краев, Республик Бурятия, Саха (Якутия) и Тыва. Исходными данными для расчетов послужили данные Рослесхоза, включающие площади лесных земель, а также площади, занятые лесными насаждениями. В связи с отсутствием информации о точных границах сокращения зон контроля в резервных лесах были использованы средние удельные значения баланса углерода в пересчете на 1 га резервных лесов в целом по каждому субъекту РФ на основе данных ДЗЗ, предоставленных ИКИ РАН.

Дополнительно в состав управляемых лесов включена территория климатического проекта РУСАЛа по охране резервных лесов в Красноярском крае на площади 504 986 га. До 2019 г. поглощение и выбросы парниковых газов на этой территории не учитывались в связи с тем, что эта территория относилась к категории неуправляемых резервных лесов. С 2019 г. ОК РУСАЛ выделила финансирование на закупку необходимых материалов и средств для пожаротушения, законтрактованы воздушные суда (самолет и вертолет), набран и обучен персонал, проводится авиационное патрулирование и тушение пожаров.

Результаты расчета нетто-поглощения CO₂ управляемыми резервными лесами представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5

Площади и нетто-поглощение CO₂ управляемыми резервными лесами

| Категории резервных лесов | Площадь, тыс. га | Поглощение (-)/выбросы (+), тыс. т CO ₂ | | | | |
|--------------------------------------|------------------|--|----------|---------|----------|----------|
| | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Управляемые резервные леса | 44528,1 | 12754,8 | -29872,8 | -1334,6 | -40052,2 | -44810,7 |
| Проект РУСАЛа в резервных лесах | 505,0 | -414,6 | -441,3 | -476,0 | -483,9 | -512,9 |
| Итого по управляемым резервным лесам | 45033,1 | 12340,2 | -30314,0 | -1810,6 | -40536,2 | -45323,6 |

6.3.1.1.1.4 Выбросы парниковых газов от пожаров

Данные ДЗЗ и отраслевой отчетности о площадях пожаров, ежегодно регистрируемых на территории управляемых лесов России представлены на рисунке 6.8. Основная часть пожаров, как правило, регистрируется в зоне 1, представляющей крупные регионы севера Европейской части, Сибири и Дальнего Востока. Выбросы парниковых газов были рассчитаны на основе данных по площадям пожаров разных типов.



Рисунок 6.8 – Площади пожаров в управляемых лесах

Пожарные эмиссии CO₂, CH₄, N₂O в управляемых лесах России приведены в таблице 6.6. Значительная вариация выбросов ПГ обусловлена воздействием природных и антропогенных факторов, определяющих условия возникновения и характер пожаров разных типов.

В кадастр включены также расчеты выбросов парниковых газов от профилактических контролируемых противопожарных выжиганий лесных горючих материалов, проводимых на землях лесного фонда, начиная с 1999 года согласно утвержденным приказом Рослесхоза №68 от 24.03.1999 г. «Рекомендациям по созданию защитных противопожарных полос на участках лесного фонда путем контролируемых выжиганий сухой травы».

Таблица 6.6

Выбросы CO₂, CH₄, N₂O от лесных пожаров в управляемых лесах России

| Категории лесных земель | Выбросы парниковых газов по годам, тыс. т CO ₂ -экв.* | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Углекислый газ (CO ₂)** | | | | | | | | | | | | | |
| Леса (зона 1) | 21088,9 | 4695,5 | 19829,5 | 15613,1 | 8947,3 | 28850,0 | 20888,3 | 22680,1 | 36523,7 | 28685,7 | 35890,9 | 22090,8 | 11080,4 |
| Леса (зона 2) | 800,8 | 3619,8 | 4684,9 | 6009,1 | 42141,4 | 3146,4 | 9610,0 | 45520,5 | 11764,9 | 6195,3 | 14302,5 | 13251,1 | 29770,3 |
| Кустарники | 147,4 | 147,4 | 147,4 | 147,4 | 67,4 | 165,2 | 71,8 | 104,0 | 229,2 | 392,2 | 150,2 | 154,0 | 186,0 |
| Редины | 107,4 | 107,4 | 107,4 | 107,4 | 60,0 | 11,6 | 57,7 | 93,5 | 286,2 | 432,1 | 223,1 | 36,5 | 63,4 |
| Резервные леса | | | | | | | | | IE*** | IE | IE | IE | IE |
| Итого | 22144,5 | 8570,1 | 24769,2 | 21877,0 | 51216,1 | 32173,3 | 30627,8 | 68398,1 | 48803,9 | 35705,3 | 50566,6 | 35532,5 | 41100,1 |
| Метан (CH ₄) | | | | | | | | | | | | | |
| Леса (зона 1) | 7755,9 | 6195,1 | 8014,1 | 8097,6 | 2498,7 | 7424,5 | 7203,6 | 10117,6 | 12188,9 | 9724,0 | 23035,4 | 3815,4 | 3235,2 |
| Леса (зона 2) | 78,4 | 309,0 | 468,4 | 507,5 | 3747,4 | 274,8 | 820,7 | 3916,3 | 1010,5 | 528,3 | 1220,4 | 1116,8 | 2601,7 |
| Кустарники | 12,4 | 12,4 | 12,4 | 12,4 | 5,7 | 13,9 | 6,0 | 8,7 | 19,2 | 32,9 | 12,6 | 12,9 | 15,6 |
| Редины | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 5,0 | 1,0 | 4,8 | 7,8 | 24,0 | 36,2 | 18,7 | 3,1 | 5,3 |
| Резервные леса | | | | | | | | | 1943,9 | 677,1 | 1641,6 | 462,1 | 393,1 |
| Итого | 7855,7 | 6525,5 | 8503,9 | 8626,4 | 6256,8 | 7714,1 | 8035,2 | 14050,5 | 15186,6 | 10998,5 | 25928,7 | 5410,3 | 6250,8 |
| Закись азота (N ₂ O) | | | | | | | | | | | | | |
| Леса (зона 1) | 4059,8 | 3232,3 | 4194,5 | 4239,1 | 1308,2 | 3885,8 | 3755,9 | 5281,2 | 6359,4 | 5090,7 | 12002,2 | 1997,0 | 1687,4 |
| Леса (зона 2) | 37,8 | 160,3 | 223,8 | 264,7 | 1901,5 | 140,8 | 425,5 | 2022,5 | 522,3 | 274,1 | 633,0 | 583,2 | 1332,3 |
| Кустарники | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 3,0 | 7,3 | 3,2 | 4,6 | 10,1 | 17,2 | 6,6 | 6,8 | 8,2 |
| Редины | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 2,6 | 0,5 | 2,5 | 4,1 | 12,6 | 19,0 | 9,8 | 1,6 | 2,8 |
| Резервные леса | | | | | | | | | 1017,8 | 354,5 | 859,5 | 242,0 | 205,8 |
| Итого | 4108,8 | 3403,7 | 4429,5 | 4515,0 | 3215,2 | 4034,3 | 4187,1 | 7312,4 | 7922,1 | 5755,5 | 13511,1 | 2830,6 | 3236,5 |
| Итого по всем газам (CO ₂ +CH ₄ +N ₂ O) | | | | | | | | | | | | | |
| Леса (зона 1) | 32904,6 | 14122,8 | 32038,1 | 27949,8 | 12754,3 | 40160,3 | 31847,9 | 38078,9 | 55072,0 | 43500,3 | 70928,4 | 27903,3 | 16002,9 |
| Леса (зона 2) | 917,0 | 4089,1 | 5377,1 | 6781,3 | 47790,2 | 3562,0 | 10856,2 | 51459,3 | 13297,7 | 6997,7 | 16156,0 | 14951,1 | 33704,3 |
| Кустарники | 166,3 | 166,3 | 166,3 | 166,3 | 76,0 | 186,4 | 81,0 | 117,3 | 258,5 | 442,3 | 169,3 | 173,7 | 209,8 |
| Редины | 121,1 | 121,1 | 121,1 | 121,1 | 67,6 | 13,0 | 65,1 | 105,5 | 322,7 | 487,3 | 251,6 | 41,2 | 71,5 |
| Резервные леса | | | | | | | | | 2961,7 | 1031,6 | 2501,1 | 704,1 | 598,9 |
| Итого | 34109,0 | 18499,3 | 37702,6 | 35018,5 | 60688,1 | 43921,7 | 42850,2 | 89760,9 | 71912,6 | 52459,3 | 90006,4 | 43773,3 | 50587,5 |

* – итоговые значения могут незначительно отличаться от суммы представленных в таблицах величин в результате округления.

** – без учета потерь углерода от деструктивных пожаров.

*** – включено в другом месте.

В настоящее время профилактические выжигания регламентируются Лесным кодексом РФ. Согласно ст. 53.1 «Предупреждение лесных пожаров», на территории лесного фонда предусмотрены меры противопожарного обустройства лесов, в том числе проведение профилактического контролируемого противопожарного выжигания хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов. Проведение профилактических палов предусматривается ежегодными приказами Рослесхоза об организации охраны лесов от пожаров. Планируемые площади профилактических палов согласовываются с уполномоченными органами исполнительной власти субъектов РФ в области лесных отношений. Информация о профилактических палах, проведенных в 2006-2022 гг. была предоставлена Рослесхозом. Расчетные объемы выбросов ПГ от профилактических палов представлены в таблице 6.7. В последние годы наблюдается тенденция к сокращению площадей профилактических выжиганий и к соответствующему снижению выбросов ПГ.

Таблица 6.7

Выбросы CO₂, CH₄, N₂O, CO, NO_x и NMVOC от профилактических контролируемых противопожарных выжиганий хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов в управляемых лесах России

| Год | Площадь, тыс. га ¹⁾ | Величина выброса, тыс. т | | | | | |
|------|--------------------------------|--------------------------|-----------------|--------|------------------|-----------------|-------|
| | | CO ₂ | CH ₄ | CO | N ₂ O | NO _x | NMVOC |
| 2000 | 50,0 | 1429,0 | 4,3 | 97,5 | 0,2 | 2,7 | 26,7 |
| 2005 | 1490,0 | 42585,5 | 127,6 | 2904,2 | 7,1 | 81,4 | 795,3 |
| 2010 | 1279,5 | 36567,9 | 109,5 | 2493,8 | 6,1 | 69,9 | 682,9 |
| 2015 | 799,4 | 22847,4 | 68,4 | 1558,1 | 3,8 | 43,7 | 426,7 |
| 2016 | 742,2 | 21211,9 | 63,5 | 1446,6 | 3,5 | 40,6 | 396,1 |
| 2017 | 694,9 | 19861,7 | 59,5 | 1354,5 | 3,3 | 38,0 | 370,9 |
| 2018 | 673,2 | 19241,6 | 57,6 | 1312,2 | 3,2 | 36,8 | 359,3 |
| 2019 | 341,1 | 9748,2 | 29,2 | 664,8 | 1,6 | 18,6 | 182,0 |
| 2020 | 368,7 | 10539,1 | 31,6 | 718,7 | 1,7 | 20,2 | 196,8 |
| 2021 | 158,8 | 4538,1 | 13,6 | 309,5 | 0,8 | 8,7 | 84,7 |
| 2022 | 188,5 | 5388,4 | 16,1 | 367,5 | 0,9 | 10,3 | 100,6 |
| 2023 | 103,1 | 2946,2 | 8,8 | 200,9 | 0,5 | 5,6 | 55,0 |

¹⁾ В 1990–1998 гг. профилактические выжигания не проводились.

6.3.1.1.1.5 Выбросы CO₂, CH₄ и N₂O от осушения органических лесных почв

Результаты расчетов выбросов CO₂, CH₄ и N₂O от осушения органических лесных почв приведены в таблице 6.8. В лесах России наблюдается сокращение выбросов от осушенных органических почв в связи с недостаточным объемом работ по поддержанию мелиоративной сети и сокращению площадей осушенных лесных земель.

6.3.1.1.1.6 Итоговый баланс парниковых газов на территории управляемых лесов (постоянные лесные земли)

За весь рассматриваемый период поглощение CO₂ управляемыми лесами РФ превышало выбросы ПГ, то есть наблюдалось нетто-поглощение от 734,5 Мт CO₂-экв. год⁻¹ в 1990 г. до 1717 Мт CO₂-экв. год⁻¹ в 2007 г. (рис. 6.9). Одной из основных причин увеличения нетто-поглощения в этот период является двукратное снижение уровня лесопользования, имевшем место в 1990-х годах. После 2009 г. наблюдается постепенное снижение нетто-поглощения CO₂ управляемыми лесами, что связано с увеличением объема лесопользования и площадей пожаров. В 2023 г. чистое поглощение CO₂ управляемыми лесами составило 1074,9 Мт CO₂-экв. год⁻¹ (табл. 6.9).

Таблица 6.8

Площади осушенных лесных земель и выбросы парниковых газов

| Годы | Площади осушенных лесных земель, тыс. га | Выбросы парниковых газов, тыс. т | | | Итого, тыс. т CO ₂ -экв. |
|------|--|----------------------------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|
| | | CO ₂ | N ₂ O | CH ₄ | |
| 1990 | 2340,6 | 6093,4 | 6,3 | 23,0 | 8334,3 |
| 1995 | 2340,6 | 6093,4 | 6,3 | 23,0 | 8334,3 |
| 2000 | 2195,5 | 5715,6 | 5,9 | 21,5 | 7817,5 |
| 2005 | 1977,8 | 5148,9 | 5,3 | 19,4 | 7003,1 |
| 2010 | 1939,2 | 5048,3 | 5,2 | 19,0 | 6904,8 |
| 2015 | 1911,6 | 4976,4 | 5,1 | 18,8 | 6806,6 |
| 2016 | 1906,0 | 4962,1 | 5,1 | 18,7 | 6786,9 |
| 2017 | 1900,5 | 4947,7 | 5,1 | 18,6 | 6767,3 |
| 2018 | 1895,0 | 4933,3 | 5,1 | 18,6 | 6747,6 |
| 2019 | 1889,5 | 4918,9 | 5,1 | 18,5 | 6727,9 |
| 2020 | 1884,0 | 4904,6 | 5,1 | 18,5 | 6708,3 |
| 2021 | 1878,4 | 4890,2 | 5,0 | 18,4 | 6688,6 |
| 2022 | 1872,9 | 4875,8 | 5,0 | 18,4 | 6669,0 |
| 2023 | 1867,4 | 4861,5 | 18,3 | 5,0 | 6649,3 |

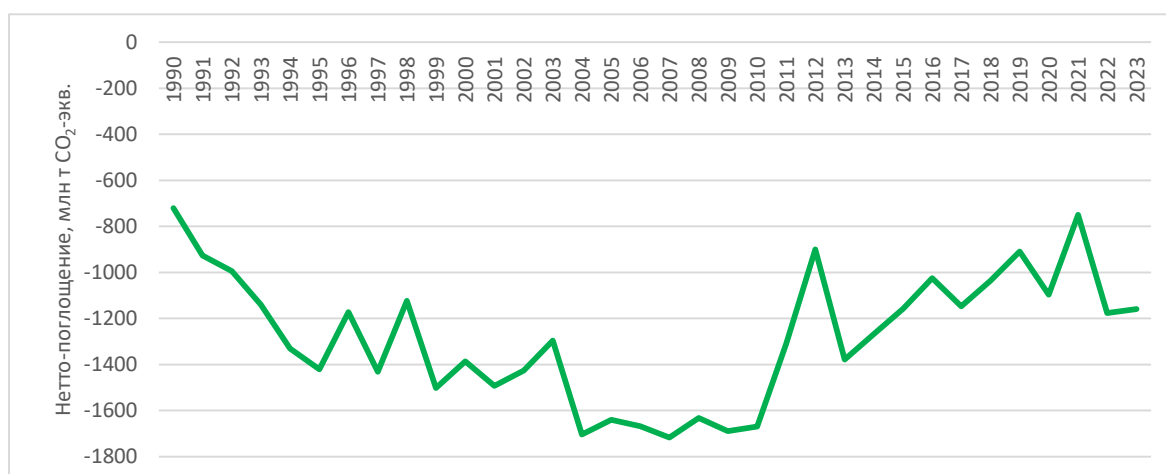


Рисунок 6.9 – Баланс парниковых газов на территории управляемых лесных земель Российской Федерации

Таблица 6.9

Баланс парниковых газов управляемых лесов Российской Федерации (категория 4.А.1. «Постоянные лесные земли»)

| Годы | Поглощение (-) / выбросы (+), млн т CO ₂ -экв. | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------------------|-----------------|------------------|---------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|----------|----|
| | Нетто-поглощение | Выбросы от пожаров | | | Выбросы от осушения | | | Итого | | | | |
| | | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | все газы | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1990 | -777,0 | 6,1 | 0,6 | 1,7 | 22,1 | 7,9 | 4,1 | -748,7 | 8,5 | 5,8 | -734,5 | |
| 1995 | -1484,4 | 6,1 | 0,6 | 1,7 | 8,6 | 6,5 | 3,4 | -1469,7 | 7,2 | 5,1 | -1457,4 | |
| 2000 | -1400,4 | 5,7 | 0,6 | 1,6 | 24,8 | 8,6 | 4,5 | -1369,9 | 9,2 | 6,1 | -1354,6 | |
| 2005 | -1605,7 | 5,1 | 0,5 | 1,4 | 21,9 | 12,2 | 6,4 | -1578,7 | 12,7 | 7,8 | -1558,2 | |
| 2010 | -1598,3 | 5,0 | 0,5 | 1,4 | 51,2 | 9,3 | 4,8 | -1542,0 | 9,9 | 6,2 | -1525,9 | |
| 2015 | -1133,2 | 5,0 | 0,5 | 1,4 | 32,2 | 9,6 | 5,0 | -1096,0 | 10,2 | 6,4 | -1079,5 | |
| 2016 | -989,4 | 5,0 | 0,5 | 1,4 | 56,7 | 16,8 | 8,8 | -927,7 | 17,3 | 10,1 | -900,3 | |

Продолжение таблицы 6.9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 78 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|------|---------|-----|-----|-----|------|------|------|---------|------|------|---------|
| 2017 | -1063,2 | 4,9 | 0,5 | 1,4 | 30,6 | 9,7 | 5,1 | -1027,6 | 10,2 | 6,4 | -1011,0 |
| 2018 | -997,7 | 4,9 | 0,5 | 1,3 | 68,4 | 15,7 | 8,2 | -924,3 | 16,2 | 9,5 | -898,6 |
| 2019 | -940,9 | 4,9 | 0,5 | 1,3 | 48,8 | 16,0 | 8,4 | -887,1 | 16,5 | 9,7 | -860,9 |
| 2020 | -1058,9 | 4,9 | 0,5 | 1,3 | 35,7 | 11,9 | 6,2 | -1018,3 | 12,4 | 7,6 | -998,4 |
| 2021 | -804,0 | 4,9 | 0,5 | 1,3 | 50,6 | 26,3 | 13,7 | -748,6 | 26,8 | 15,0 | -706,7 |
| 2022 | -1177,2 | 4,9 | 0,5 | 1,3 | 35,5 | 5,9 | 3,1 | -1136,8 | 6,4 | 4,4 | -1126,0 |
| 2023 | -1132,6 | 4,9 | 0,5 | 1,3 | 41,1 | 6,5 | 3,4 | -1086,6 | 7,0 | 4,7 | -1074,9 |

¹⁾ Итоговые значения могут незначительно отличаться от суммы представленных в таблицах величин в результате округления.

Итоговые величины углеродного баланса управляемых лесов РФ отражают совокупное влияние природно-климатических факторов и предпринимаемые меры по лесопользованию, включающие лесопользование, лесовосстановление, охрану и защиту лесов.

6.3.1.1.2 – Методология сбора данных и расчетов

Оценки нетто-поглощения управляемыми лесными экосистемами основаны на балансовом подходе, предполагающем расчет абсорбции углерода пулами лесных экосистем и оценку потерь углерода в связи с нарушениями (рубками, пожарами)²⁸. Потери углерода рассчитываются на основе фактических данных по запасам вырубленной древесины, а также по площадям погибших древостоев в результате пожаров и иных причин на основе данных космического мониторинга.

Предлагаются следующие алгоритмы комбинации составляющих нетто-поглощения углерода лесными землями, оценки которого основаны на балансе поглощения лесами и потерь углерода в результате нарушений (рубки, пожары):

1. Ежегодное поглощение углерода лесами (без учета нарушений):

- 1.1. Зона использования преимущественно данных ДЗЗ - данные по ежегодной разнице запасов углерода в биомассе древостоев, мертвой древесины и некоторых других пулов лесных экосистем (живой напочвенный покров, подрост и подлесок) на основе данных Минобрнауки. Методы определения запасов и баланса углерода в лесах основаны на оценке динамики запасов стволовой древесины с учетом породно-возрастной структуры, бонитетов и относительной полноты насаждений на основе данных ДЗЗ с учетом данных по пробным площадям Государственной инвентаризации лесов (ГИЛ), других наземных оценок запасов древесины на тестовых полигонах и пробных площадях, моделей хода роста насаждений (Швиденко и др., 2008);
- 1.2. Зона использования данных наземного мониторинга (ГИЛ, ведомственные данные Рослесхоза) - расчет на основе данных ГИЛ и моделей хода роста на основе данных по площадям и запасам древесины с учетом бонитета, породной и возрастной (по 10-летним классам возраста по субъектам РФ). Оценки проводятся на основе 1-го цикла ГИЛ с учетом изменения возрастной структуры лесных насаждений с последующей корректировкой по результатам 2-го цикла ГИЛ. Исходные данные ГИЛ позволяют рассчитать текущий прирост, используя модели хода роста модальных насаждений (Швиденко и др., 2008). С помощью моделей (Shvidenko et al., 2023) оцениваются запасы различных фракций мертвой древесины (сухостой, сухие ветви, валежник, пни). Текущий прирост оценивается как разница запасов живой и мертвой древесины по моделям хода роста с разницей в один год. Полученные значения текущего прироста (в м³ за 1 год) по каждой породе определенного бонитета и возраста

²⁸ Методика оценки запасов и баланса углерода в лесах Российской Федерации на основе комплексной обработки данных дистанционного зондирования и выборочных наземных измерений приведена в Приложении V.2.1.

дают возможность преобразовать их в углеродные единицы с помощью моделей конверсионных коэффициентов – Biomass Expansion Factors (Schepaschenko et al., 2018).

2. Ежегодные потери углерода в результате пожаров и других нарушений можно оценивать на основе следующих альтернативных наборов данных:

2.1. Зона использования преимущественно данных ДЗЗ - ежегодные данные по площадям пожаров и погибших древостоев на основе ДЗЗ (данные Минобрнауки).

2.2. Зона использования данных наземного мониторинга (ГИЛ, ведомственные данные Рослесхоза) - ежегодные данные по площадям погибших древостоев от пожаров на основе данных Рослесхоза (форма 10-ОИП).

2.2. Ежегодные потери углерода в результате рубок для обеих зон были оценены на основе ежегодных данных по объемам заготовленной ликвидной древесины и данных по площадям сплошных рубок (без учета санитарных) (форма № 12 ОИП) согласно ведомственным данным Рослесхоза и архивным данным (включая справочник «Лесопользование в Российской Федерации в 1946-1992 гг.», опубликованный в 1996 г.).

Методические подходы к расчету баланса углерода в лесах, основанные на едином наборе конверсионных коэффициентов и одинаковых моделях хода роста, аналогичны для зон ДЗЗ и ГИЛ, уравнения приведены в приложении V.5. Особенности расчетов накопления углерода в биомассе лесных экосистем на основе данных ГИЛ представлен в приложении V.5.1.3.

В соответствии со статьей 90 Лесного кодекса Российской Федерации государственная инвентаризация лесов (ГИЛ) представляет собой систему мероприятий по оценке состояния лесов, их количественных и качественных характеристик, выявления воздействия неблагоприятных факторов на леса, в том числе в результате нарушений законодательства, анализу качества проведения и результативности мероприятий по сохранению лесов, использованию лесов, а также по анализу, оценке и прогнозу изменения состояния лесов в целях стратегического планирования в области лесного хозяйства. ГИЛ проводится в соответствии с Порядком проведения ГИЛ, утвержденным приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.09.2021 № 686, и Регламентом организации и проведения мероприятий по ГИЛ центральным аппаратом Рослесхоза, территориальными органами Рослесхоза и подведомственными Рослесхозу организациями, утвержденным приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 06.05.2022 № 556.

Первый цикл ГИЛ завершился в 2020 г. Количественные характеристики лесов регионов и страны в целом получены инструментально на основе 69,1 тыс. пробных площадей (ПП) в течение 2007-2020 гг. Первые обобщающие итоги ГИЛ опубликованы (Филипчук и др., 2022). Для России ГИЛ – новый вид учетных работ, в результате которых получен массив данных измерений деревьев и разнообразных экосистемных характеристик лесных сообществ на ПП. В результате обработки первого цикла ГИЛ получены обобщенные характеристики состояния лесов по субъектам РФ, включающие данные по распределению площадей насаждений и запасов растущей и мертвой древесины по бонитетам, породам и 10-летним классам возраста. Второй цикл ГИЛ стартовал в 2021 г. В настоящее время получены характеристики лесов 16 субъектов РФ, в которых проведена повторная инвентаризация лесных ресурсов. Данные второго цикла ГИЛ были использованы для уточнения расчетов поглощающей способности лесных экосистем 10 регионов, относящихся к зоне ГИЛ.

Дополнительно консорциумом №4 ВИП ГЗ было предложено включить в кадастр данные по балансу углерода в редирах, которые входят в состав управляемых лесных земель, но не учитывались ранее в кадастре парниковых газов в связи с отсутствием исходных данных. Данные по балансу углерода в редирах были предоставлены ИКИ РАН.

В связи с увеличением площади управляемых лесов с 2019 г. на 44,5 млн га в связи с сокращением зон контроля в резервных лесах, предполагающим мероприятия по тушению лесных пожаров, ИКИ РАН предоставил данные по балансу углерода в резервных лесах в разрезе субъектов РФ. Оценки баланса углерода основаны на усредненных данных по резервным лесам субъектов РФ.

Дополнительно в состав управляемых лесных земель включены леса на землях сельскохозяйственного назначения, которые ранее относили к колхозным лесам, согласно данным, предоставленным Минсельхозом.

Оценка изменений запасов углерода в пуле подстилки

Расчет запасов углерода подстилки проводится по данным о площадях насаждений той или иной преобладающей породы и средним на единицу площади значениям запаса, специфичными для регионов. Стабильные низкие запасы углерода подстилки присутствуют на временно непокрытых лесом землях (гари, вырубки), стабильные высокие – в лесных насаждениях старших возрастов (Замолодчиков и др., 2007; Честных и др., 2007). Молодые лесные насаждения находятся в состоянии перехода от низких запасов к высоким, при этом продолжительность восстановления стабильных высоких значений запаса углерода подстилки принято равной 20 годам (МГЭИК, 2003). Эталонные средние запасы углерода подстилки относятся к возрастным группам молодняков 1 класса возраста, 2 класса возраста и совокупности более старших групп возраста лесных насаждений (Замолодчиков и др., 2007; Честных и др., 2007). Детальное описание методики расчета изменений запасов углерода в пуле подстилки приведено в Национальном докладе о кадастре, представленном в 2023 г. (Российская Федерация, 2023).

Оценка изменений запасов углерода в пуле почвы

Расчет запасов углерода почвы аналогичен таковому для подстилки, однако приводится по эталонным средним значениям органического углерода почвы в слое 0-30 см. Эталонные значения были идентифицированы по данным работ (Честных и др., 2004; Замолодчиков и др., 2007). Детальное описание методики расчета изменений запасов углерода в пуле почвы приведено в Национальном докладе о кадастре, представленном в 2023 г. (Российская Федерация, 2023).

Выбросы CO₂, CH₄ и N₂O от осушения органических лесных почв

Начиная с кадастра 2014 г. расчеты выброса CO₂ выполняются с использованием метода уровня 1 и коэффициентов из нового руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013). Согласно рекомендациям, содержащимся в главе 2, раздел 2.2.1, выбросы CO₂ при осушении заболоченных лесных земель складываются от разложения органического вещества почв (EF_CO₂_on-site) и при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO₂_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

EF_CO₂_on-site = 0,59 тонн C/га/год (этот коэффициент получен исходя из комбинации коэффициентов выбросов для бедных элементами минерального питания органических почв – 0,25 т C/га/год и для богатых элементами минерального питания органических почв – 0,93 т C/га/год из табл. 2.1, раздел 2.2.1.1. для лесов бореальной зоны с учетом равного соотношения площадей богатых и бедных органических почв);

EF_CO₂_DOC (= 0,12 тонн C/га/год) – табл. 2.2, раздел 2.2.1.2, стр. 2.16 для бореальной зоны.

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен 0,71 тонн C/га/год, который и был использован в расчетах.

Для оценок выбросов N₂O при осушении лесных земель использованы те же исходные данные, как и при оценке выброса CO₂. Для оценки выброса закиси азота применены методика и рекомендуемые коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013). Для расчетов использован коэффициент выбросов 1,71 т N/га/год, полученный на основе коэффициентов выбросов для бедных элементами минерального питания органических почв – 0,22 т N/га/год и для богатых элементами минерального питания органических почв – 3,2 т N/га/год из табл. 2.5, раздел 2.2.2.2 (IPCC, 2013) для лесов бореальной зоны с учетом равного соотношения площадей богатых и бедных органических почв.

Выбросы CH₄ рассчитаны в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2013). Используются следующие коэффициенты:

Frac_ditch = 0,025 (табл. 2.4, раздел 2.2.2.1, для осушенных лесов бореальной/умеренной зон);

EF_land = 4,5 CH₄ кг/га/год (полученный на основе коэффициентов выбросов для бедных элементами минерального питания органических почв – 7 кг CH₄/га/год и для богатых элементами минерального питания органических почв – 2 кг CH₄/га/год (табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, для осушенных

лесов бореальной/умеренной зон) с учетом равного соотношения площадей богатых и бедных органических почв);

$EF_{ditch} = 217 \text{ CH}_4 \text{ кг/га/год}$ (табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, для осушенных лесов бореальной/умеренной зон).

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен $9,8 \text{ CH}_4 \text{ кг/га/год}$, который и был использован в расчетах.

Выбросы парниковых газов от пожаров

Исходными данными для расчета выбросов от пожаров в лесах, относящихся к зоне 1, а также на участках лесных земель, занятых рединами и кустарниками, являются данные Минобрнауки, которые были предоставлены ИКИ РАН. Для расчета выбросов от пожаров в лесах, расположенных в зоне 2, используются данные Рослесхоза по площадям пожаров разных типов, которые ежегодно регистрируются на территории лесного фонда (за исключением пожаров в резервных лесах), а также фактические данные о площадях профилактических выжиганий. Оценка площадей пожаров проводится на основе фактических данных, полученных с помощью наземных и дистанционных методов. Система сбора информации о горимости лесов по данным наземных и авиационных наблюдений была создана более 40 лет назад (Коровин, Андреев, 1988).

Оценка прямых выбросов ПГ (CO_2 , CH_4 , N_2O , CO , NO_x) от пожаров проводили по формуле 6.30 (МГЭИК, 2006):

$$L_{\text{пожар}} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3} \quad (6.30)$$

где: $L_{\text{пожар}}$ – количество выбросов парниковых газов от пожара; тонн каждого парниковых газов, например, CO_2 , CH_4 , N_2O и т.д.,

A – площадь, пройденная пожарами различных типов, га,

M_B – масса доступного для горения топлива, тонн/га. Сюда входят фитомасса, подстилка и мертвая древесина.

C_f – коэффициент сгорания; не имеет размерности. Использованы значения 0,43 для деструктивного пожара и 0,15 для низового пожара в бореальных лесах (по таблице 2.6, МГЭИК, 2006),

G_{ef} – коэффициент выбросов; г/кг сжигаемого сухого вещества (таблица 2.5, МГЭИК, 2006).

6.3.1.1.3 – Неопределенность и согласованность временных рядов

Расчет неопределенности по данной категории выполнен в соответствии с уровнем сложности 1 МГЭИК. Погрешности оценки бюджета углерода управляемых лесов связаны с наличием ошибок получения исходных данных, а именно: 1) объемных запасов древесины в материалах ГИЛ; 2) площадей насаждений; 3) конверсионных коэффициентов, используемых для расчета запасов углерода. Процедура расчета бюджета углерода, следовательно, представляет собой операции над приближенными числами. Для получения доверительного интервала итоговой оценки сначала следует оценить ошибки исходных данных, затем найти преобразования этих ошибок при осуществлении расчетов бюджета углерода.

Для лесных насаждений принята точность определения запасов древесины и площадей лесных насаждений $\pm 10\%$. Согласно опубликованным данным (Schepashenko et al., 2017), неопределенность конверсионных коэффициентов для пула фитомассы принята $\pm 10\%$, мертвой древесины – $\pm 32\%$, подстилки – $\pm 62\%$, органического вещества почв – $\pm 60\%$.

Неопределенность оценок выбросов метана и закиси азота от пожаров складывается из неопределенности оценок площадей пожаров $\pm 20\%$ и неопределенности коэффициентов выбросов (для метана – $\pm 70\%$, для закиси азота – $\pm 60\%$). Следует отметить, что неопределенность площадей пожаров при наземном методе учета не превышает $\pm 3\%$ (применяется для 8,5% территории лесов). Однако при переходе к использованию методов аэровизуального и космического мониторинга точность учета площадей пожаров падает и для данных дистанционного зондирования может составить до $\pm 30\%$ (применяется на 37,8% территории всех лесов, включая неуправляемые леса). Средневзвешенное значение неопределенности исходных данных о площадях пожаров на территории управляемых лесов составляет около $\pm 19,6\%$. Таким образом, для оценки неопределенности расчетов выбросов от пожаров в кадастре используется средневзвешенное значение $\pm 20\%$.

Приведенные в настоящем докладе величины выбросов и стоков ПГ рассчитаны по единой методике и с использованием единых и сопоставимых исходных данных и региональных переводных коэффициентов. Сохранение последовательных оценок временных рядов достигается пересчетом выбросов по мере уточнения имеющейся информации и получения новых данных или конверсионных коэффициентов.

6.3.1.1.4– Обеспечение и контроль качества

Обеспечение качества кадастра производится силами исполнителей и выполняется на этапах сбора и электронного ввода данных о деятельности и конверсионных коэффициентов. Результаты расчетов сравниваются по годам и отдельным категориям источников. Указанные меры позволяют выявить ошибки при вводе данных и расчете выбросов и стоков парниковых газов. Указанные мероприятия проводятся регулярно и выполняются в несколько этапов по мере подготовки инвентаризации.

Контроль качества инвентаризации достигается проверкой исходных данных, конверсионных коэффициентов и последовательности выполняемых расчетов экспертами Центра экологии и продуктивности лесов РАН, которые не принимали непосредственное участие в выполнении этих оценок. Проверки производятся путем независимых расчетов по единым исходным данным и коэффициентам. В спорных случаях результаты расчетов обсуждаются и пересчитываются. Исходные данные, параметры и результаты расчетов публикуются в рецензируемых журналах (Коротков и др., 2012; Замолодчиков и др., 2013; Romanovskaya, Korotkov, 2024).

6.3.1.1.5– Перерасчеты и планируемые усовершенствования

Перерасчет оценок бюджета углерода управляемых лесов состоял в следующем:

1. Согласно рекомендациям группы экспертов по рассмотрению кадастра были использованы фактические данные о нарушениях (вырубки, гибель в результате нарушений) для оценки потерь запасов углерода на лесных землях, остающихся лесными землями. Для учета данной рекомендации в Национальном кадастре РФ были предприняты ряд существенных усилий:

- проведен ряд научных семинаров по теме возможности использования данных Дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в отчетности по ПГ;

- проведен ряд совещаний в 2021, 2022, 2023, 2024 гг. с участием администрации Президента России, Минэкономразвития России, Минприроды России, Росгидромета, Рослесхоза;

- Приказом Минприроды России от 15 октября 2024 г. № 610 внесены изменения в Порядок подготовки Национального кадастра РФ, утвержденный Приказом Минприроды России от 25 апреля 2022 г. № 298.

- Распоряжением Правительства РФ №3240-р от 29 октября 2022 года утвержден важнейший инновационный проект государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» и начата его реализация. В рамках проекта научный консорциум под руководством ЦЭПЛ РАН с участием ИКИ РАН занимается уточнением исходных данных, используемых в Национальном кадастре в категории «Лесные земли». В частности, в 2024 г. ИКИ РАН представил первую очередь информационно-аналитической системы «Углерод Экосистем», который включает данные изменению запасов углерода и данные по площадям пожаров разной интенсивности. Обсуждение данных, полученных в рамках этой системы, проведено на совещании в Минэкономразвитии с участием Росгидромета, Рослесхоза и Научного совета РАН. По результатам обсуждения рекомендовано использовать для подготовки кадастра комбинацию данных ДЗЗ, ГИЛ и данных отраслевой отчетности.

- В 2024-2025 гг. были уточнены данные по фактическим нарушениям и пересчитан ретроспективный ряд с 1990 года.

2. В 2023 г. получены результаты первого цикла Государственной инвентаризации лесов (ГИЛ), проведенной ФГБУ «Рослесинфорг» во всех субъектах РФ в период с 2007 по 2020 годы. В результате обработки материалов первого цикла ГИЛ получены обобщенные характеристики состояния лесов по субъектам РФ, включающие данные по распределению площа-

дей насаждений и запасов растущей и мертвой древесины по породам, 10-летним классам возраста и бонитетам. Актуализация запасов древесины, полученная в ходе ГИЛ, привела к существенному более высоким оценкам ежегодного накопления углерода в живой биомассе. В 2024 г. были получены результаты второго цикла ГИЛ, которые позволили уточнить поглощающую способность лесов 10 регионов, входящих в зону ГИЛ.

3. В состав управляемых лесных земель дополнительно включены редины, управляемые резервные леса (в связи с сокращением зон контроля), бывшие колхозные леса (по предложению Минсельхоза), отдельно выделены лесные насаждения с преобладанием кустарников.

4. По результатам выполнения ВИП ГЗ «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» консорциумом №4 (ЦЭПЛ РАН) будут уточнены коэффициенты по лесным подстилкам и почвам. Внедрение кадастр планируется в 2026 году.

6.3.1.2 Земли, переустроенные в лесные земли (раздел 4.А.2 ОТО)

6.3.1.2.1 – Характеристика подкатегории

Согласно матрице преобразования земель, с 1990 г. наблюдался перевод возделываемых земель, пастбищ и прочих земель в лесные земли. В ходе рассмотрения национального кадастра парниковых газов в 2016 г. было рекомендовано оценить вклад облесения, проведенного до 1990 г. В связи с этим в НДК были включены оценки абсорбции и выбросов ПГ, связанных с антропогенной деятельностью по созданию противоэрозионных и полезащитных лесонасаждений, заложенных на возделываемых землях, начиная с 1946 года (таблица 6.10) согласно опубликованным данным (Матис, Степанов, 1998; Кулик, Павловский, 2008). В период с 1941 по 1945 г. защитные лесонасаждения не создавались. 50-летний конверсионный период был выбран в связи с тем, что лесные насаждения, созданные на сельскохозяйственных землях, продолжают накопление углерода в органическом веществе почвы в возрасте более 20 лет (Kurganova, Lopes de Gerenyu, 2008). Суммарные значения площадей в таблице 6.10 рассчитаны с учетом перевода площадей защитных насаждений в управляемые земли после завершения 50-летнего периода.

Таблица 6.10

Темпы создания и площади противоэрозионных и полезащитных лесных насаждений, созданных с 1946 г. (данные за 1946-1989 гг. – по Матис, Степанов, 1998; Кулик, Павловский, 2008; с 1990 г. – по данным Росстата)

| Годы | Противоэрозионные насаждения | | Полезащитные лесные полосы | |
|------------------|--|----------------------------|--|----------------------------|
| | Ежегодная площадь, тыс. га год ⁻¹ | Суммарная площадь, тыс. га | Ежегодная площадь, тыс. га год ⁻¹ | Суммарная площадь, тыс. га |
| 1946-1948 | 2,035 | 6,105* | 2,475 | 7,425* |
| 1949-1953 | 21,164 | 111,925* | 25,740 | 136,125* |
| 1954-1966 | 14,572 | 301,365* | 17,723 | 366,525* |
| 1967-1989 | 20,412 | 770,833* | 24,825 | 937,500* |
| 1990 | 62,896 | 833,729 | 30,143 | 967,643 |
| 1995 | 22,762 | 982,999 | 5,898 | 1094,060 |
| 2000 | 23,694 | 1017,891 | 2,101 | 1046,050 |
| 2005 | 5,660 | 986,130 | 0,351 | 943,908 |
| 2010 | 6,229 | 936,378 | 0,353 | 858,143 |
| 2014 | 4,104 | 894,352 | 0,051 | 787,776 |
| 2015 | 3,578 | 883,358 | 0,056 | 770,109 |
| 2016 | 3,152 | 871,937 | 0,018 | 752,404 |
| 2017 | 2,329 | 853,855 | 0,122 | 727,701 |

| Годы | Противоэрозионные насаждения | | Полезащитные лесные полосы | |
|------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| | Ежегодная площадь, тыс. га год ⁻¹ | Суммарная площадь, тыс. га | Ежегодная площадь, тыс. га год ⁻¹ | Суммарная площадь, тыс. га |
| 2018 | 8,912 | 842,355 | 0,249 | 703,125 |
| 2019 | 2,924 | 824,867 | 0,120 | 678,420 |
| 2020 | 9,667 | 814,122 | 0,177 | 653,772 |
| 2021 | 2,827 | 796,537 | 0,407 | 629,354 |
| 2022 | 1,790 | 777,915 | 0,138 | 604,667 |
| 2023 | 3,004 | 760,507 | 0,011 | 579,854 |

Примечание: * - значение площадей сохранившихся насаждений в конце периода

Вклад естественного возобновления леса на пастбищах и прочих землях в углеродный баланс не рассматривался. Защитное лесоразведение определяется как комплекс мероприятий по искусственному созданию лесных насаждений для защиты сельскохозяйственных угодий от неблагоприятных природных явлений и техногенных воздействий, улучшения климатических и гидрологических условий и повышения общей биологической продуктивности территории. Его основу составляют системы искусственных защитных лесонасаждений, чаще всего создаваемые в виде лесных массивов, полос или куртин территориальными органами лесного хозяйства.

Результаты расчетов поглощения всеми пулами противоэрозионных и полеззащитных насаждений с учетом нарушений представлены в таблицах 6.12, 6.13, 6.14 и на рисунке 6.10.

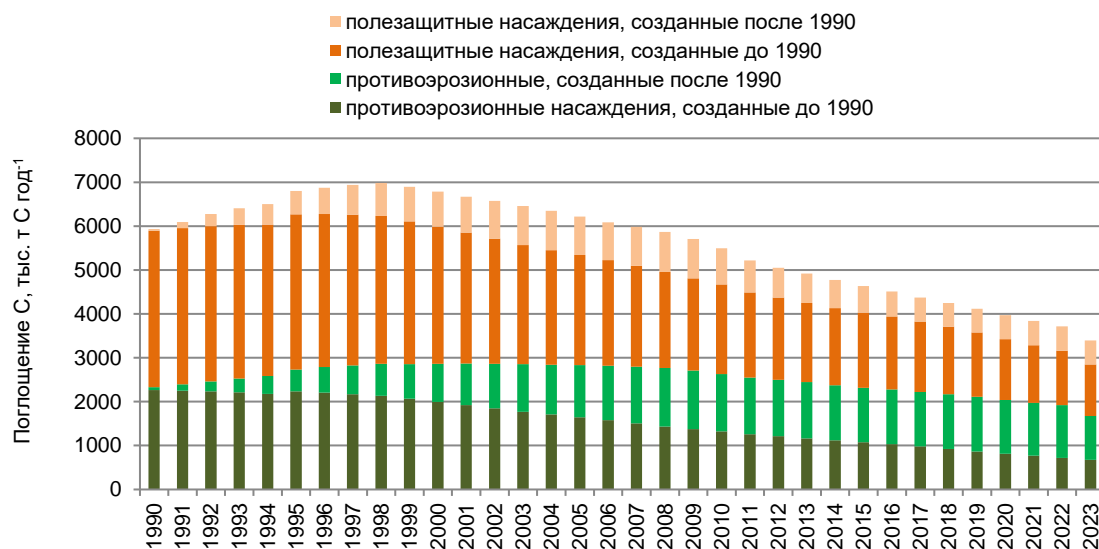


Рисунок 6.10 – Динамика нетто-поглощения углерода всеми пулами противоэрозионных и полеззащитных лесонасаждений, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации до и после 1990 г.

Хотя темпы создания защитных лесных насаждений резко снизились, нетто-поглощение углерода созданными насаждениями сохраняется на относительно высоком уровне (рис. 6.10), достигнув к 2023 г. 12,5 млн т CO₂ год⁻¹ для всех пулов углерода. Максимальный вклад в накопление углерода обеспечивают насаждения, созданные до 1990 г., в связи с масштабными работами по созданию защитных насаждений в советский период.

Вклад противоэрозионных лесных насаждений, созданных после 1990 г., в нетто-поглощение углерода в 2023 г. составляет около 64,6% от общего накопления углерода всеми защитными насаждениями, созданными после 1990 г. Причиной этому являются значительно большие площади создаваемых после 1990 г. противоэрозионных насаждений (70,4% от общей

площади облесения) по сравнению с полезащитными. Однако по средним величинам поглощения углерода пулом фитомассы полезащитные насаждения оказываются на 50-60% более эффективными, чем противоэрозионные. Эта ситуация объясняется значительной долей в составе полезащитных лесополос березы (26%) и тополя (19%). Указанные породы обладают существенно более быстрыми темпами роста по сравнению с сосной, доминирующей в противоэрозионных насаждениях.

Согласно рекомендациям Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению национального кадастра 2018 г., для расчетов возможных потерь углерода в результате нарушений было предложено пересмотреть понижающий коэффициент 0,33, рекомендованный ранее группой по рассмотрению в 2010 г. Вместо этого коэффициента для расчетов потерь углерода в результате нарушений был использован новый коэффициент 0,014, рассчитанный на основе публикации (Кулик, Павловский, 2008). Этот коэффициент был использован для расчета потерь по всем пулам углерода. При расчетах сделано допущение, что все потери углерода происходят в результате пожаров. Результаты расчетов выбросов ПГ представлены в таблице 6.11.

Таблица 6.11

Выбросы CO₂, CH₄, N₂O, CO и NO_x от пожаров на облесенных землях

| Год | Потребление топливной биомассы, тыс. т | Величина выброса, тыс. тонн год ⁻¹ | | | | | |
|------|--|---|-----------------|------|------------------|-----------------|--------|
| | | CO ₂ | CH ₄ | CO | N ₂ O | NO _x | NM VOC |
| 1990 | 59,58 | 93,48 | 0,28 | 6,38 | 0,02 | 0,18 | 1,75 |
| 1995 | 68,93 | 108,15 | 0,32 | 7,38 | 0,02 | 0,21 | 2,02 |
| 2000 | 69,99 | 109,82 | 0,33 | 7,49 | 0,02 | 0,21 | 2,05 |
| 2005 | 64,84 | 101,74 | 0,30 | 6,94 | 0,02 | 0,19 | 1,90 |
| 2010 | 58,60 | 91,95 | 0,28 | 6,27 | 0,02 | 0,18 | 1,72 |
| 2014 | 52,27 | 82,02 | 0,25 | 5,59 | 0,01 | 0,16 | 1,53 |
| 2015 | 50,85 | 79,79 | 0,24 | 5,44 | 0,01 | 0,15 | 1,49 |
| 2016 | 49,47 | 77,62 | 0,23 | 5,29 | 0,01 | 0,15 | 1,45 |
| 2017 | 48,02 | 75,34 | 0,23 | 5,14 | 0,01 | 0,14 | 1,41 |
| 2018 | 46,64 | 73,18 | 0,22 | 4,99 | 0,01 | 0,14 | 1,37 |
| 2019 | 45,31 | 71,10 | 0,21 | 4,85 | 0,01 | 0,14 | 1,33 |
| 2020 | 43,79 | 68,71 | 0,21 | 4,69 | 0,01 | 0,13 | 1,28 |
| 2021 | 42,44 | 66,59 | 0,20 | 4,54 | 0,01 | 0,13 | 1,24 |
| 2022 | 41,16 | 64,58 | 0,19 | 4,40 | 0,01 | 0,12 | 1,21 |
| 2023 | 37,47 | 58,79 | 0,18 | 4,01 | 0,01 | 0,11 | 1,10 |

6.3.1.2.2– Методология сбора данных и расчетов

Формы лесохозяйственной статистики, содержащие необходимую для расчетов информацию за период с 1990 по 2023 гг., были предоставлены Росстатом (табл. 6.10) и Рослесхозом (табл. 6.15). Площади защитных насаждений, созданных с 1946 года, рассчитаны согласно опубликованным данным (Матис, Степанов, 1998; Кулик, Павловский, 2008). Сделано допущение, что с 1941 по 1945 г. защитные лесонасаждения не создавались. Для расчетов были использованы расчетные данные о накоплении углерода различными пулами противоэрозионных и почвозащитных лесных насаждений (табл. 6.16, 6.17), предоставленные Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (ЦЭПЛ РАН, 2008). Данные о накоплении углерода органическим веществом почвы уточнены согласно новым оценкам (Kurganova et al., 2014).

Таблица 6.12

Динамика нетто-поглощения углерода противоэрозионными и полезащитными насаждениями Российской Федерации, созданными до 1990 года

| Виды защитных насаждений и пулы углерода | Нетто-поглощение углерода, тыс.т С год ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Противоэрозионные насаждения | | | | | | | | | | | | | | | |
| фитомасса | 1437,1 | 1462,7 | 1343,3 | 1155,5 | 975,7 | 817,5 | 783,8 | 750,4 | 710,1 | 670,3 | 630,5 | 590,1 | 551,9 | 514,5 | 478,0 |
| мертвая древесина | 333,5 | 364,4 | 347,7 | 294,1 | 244,9 | 208,8 | 203,5 | 196,2 | 185,2 | 172,2 | 156,8 | 154,1 | 150,4 | 142,1 | 133,7 |
| подстилка | 56,2 | 42,3 | 27,3 | 12,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| почва | 434,2 | 363,7 | 277,1 | 182,3 | 106,7 | 93,4 | 90,7 | 88,0 | 84,1 | 80,3 | 76,5 | 72,7 | 68,8 | 65,0 | 61,2 |
| все пулы | 2261,1 | 2233,1 | 1995,4 | 1644,2 | 1327,6 | 1120,0 | 1078,2 | 1034,8 | 979,8 | 923,0 | 864,1 | 816,9 | 771,2 | 721,6 | 672,8 |
| Полезащитные насаждения | | | | | | | | | | | | | | | |
| фитомасса | 2513,8 | 2563,4 | 2332,8 | 1945,9 | 1633,2 | 1382,0 | 1338,0 | 1296,0 | 1238,0 | 1182,0 | 1126,0 | 1069,7 | 1013,4 | 957,1 | 900,8 |
| мертвая древесина | 460,2 | 482,9 | 415,4 | 328,8 | 279,3 | 262,2 | 264,9 | 264,6 | 260,9 | 254,3 | 244,8 | 232,5 | 220,3 | 208,1 | 195,8 |
| подстилка | 64,6 | 48,5 | 31,2 | 13,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| почва | 528,1 | 442,3 | 337,1 | 221,7 | 129,7 | 113,6 | 110,3 | 107,0 | 102,3 | 97,7 | 93,0 | 88,4 | 83,7 | 79,1 | 74,4 |
| все пулы | 3566,8 | 3537,2 | 3116,5 | 2510,3 | 2042,2 | 1757,7 | 1713,1 | 1667,6 | 1601,2 | 1533,9 | 1463,8 | 1390,6 | 1317,4 | 1244,2 | 1171,0 |
| Все защитные насаждения | | | | | | | | | | | | | | | |
| фитомасса | 3950,9 | 4026,1 | 3676,1 | 3101,4 | 2608,9 | 2199,5 | 2121,7 | 2046,4 | 1948,1 | 1852,3 | 1756,4 | 1659,7 | 1565,3 | 1471,6 | 1378,7 |
| мертвая древесина | 793,8 | 847,3 | 763,0 | 622,9 | 524,2 | 471,0 | 468,3 | 460,8 | 446,1 | 426,4 | 401,6 | 386,7 | 370,7 | 350,1 | 329,5 |
| подстилка | 120,8 | 90,8 | 58,5 | 26,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| почва | 962,4 | 806,0 | 614,2 | 404,0 | 236,4 | 207,0 | 201,0 | 194,9 | 186,4 | 178,0 | 169,5 | 161,0 | 152,5 | 144,1 | 135,6 |
| все пулы | 5827,9 | 5770,2 | 5111,9 | 4154,6 | 3369,8 | 2877,7 | 2791,3 | 2702,4 | 2580,9 | 2456,9 | 2327,8 | 2207,4 | 2088,5 | 1965,8 | 1843,8 |

Таблица 6.13

Динамика нетто-поглощения углерода противоэрозионными и полезащитными насаждениями Российской Федерации, созданными после 1990 года

| Виды защитных насаждений и пулы углерода | Нетто-поглощение углерода, тыс. т С год ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Противоэрозионные насаждения | | | | | | | | | | | | | | | |
| фитомасса | 0,2 | 245,2 | 468,2 | 655,4 | 762,6 | 805,3 | 808,7 | 812,1 | 815,7 | 817,1 | 822,8 | 830,6 | 833,2 | 835,2 | 651,0 |
| мертвая древесина | 0,0 | 20,1 | 79,3 | 143,7 | 182,1 | 185,6 | 187,9 | 194,7 | 202,2 | 209,6 | 217,7 | 189,9 | 180,8 | 186,7 | 184,3 |
| подстилка | 9,3 | 31,2 | 43,5 | 52,4 | 46,6 | 30,4 | 27,5 | 26,0 | 24,4 | 23,6 | 21,3 | 20,2 | 17,6 | 15,7 | 14,4 |
| почва | 59,5 | 200,8 | 279,7 | 337,3 | 311,4 | 230,8 | 216,9 | 209,8 | 201,8 | 199,2 | 188,0 | 179,2 | 168,2 | 159,3 | 153,3 |
| все пулы | 69,0 | 497,4 | 870,7 | 1188,8 | 1302,8 | 1252,1 | 1241,1 | 1242,5 | 1244,2 | 1249,5 | 1249,8 | 1219,8 | 1199,9 | 1197,0 | 1003,0 |
| Полезащитные насаждения | | | | | | | | | | | | | | | |
| фитомасса | 0,1 | 316,1 | 497,9 | 566,8 | 566,9 | 523,4 | 504,7 | 478,8 | 459,1 | 448,5 | 439,6 | 433,1 | 431,1 | 429,6 | 427,7 |
| мертвая древесина | 0,0 | 46,0 | 122,1 | 116,5 | 86,5 | 61,3 | 41,7 | 29,2 | 33,6 | 39,3 | 48,9 | 64,1 | 75,2 | 80,5 | 81,8 |
| подстилка | 4,2 | 21,9 | 23,4 | 24,9 | 21,0 | 4,3 | 3,5 | 3,1 | 2,9 | 2,6 | 2,3 | 2,0 | 1,8 | 1,4 | 1,0 |
| почва | 28,5 | 148,2 | 158,5 | 168,5 | 148,3 | 57,3 | 52,9 | 51,1 | 49,7 | 48,3 | 46,7 | 45,2 | 44,1 | 42,0 | 39,7 |
| все пулы | 32,8 | 532,2 | 801,9 | 876,7 | 822,7 | 646,3 | 602,8 | 562,3 | 545,3 | 538,7 | 537,5 | 544,5 | 552,2 | 553,4 | 550,1 |
| Все защитные насаждения | | | | | | | | | | | | | | | |
| фитомасса | 0,2 | 561,3 | 966,1 | 1222,2 | 1329,5 | 1328,7 | 1313,4 | 1290,9 | 1274,9 | 1265,6 | 1262,5 | 1263,6 | 1264,3 | 1264,8 | 1078,6 |
| мертвая древесина | 0,0 | 66,1 | 201,3 | 260,2 | 268,7 | 246,9 | 229,7 | 223,9 | 235,8 | 248,9 | 266,6 | 254,0 | 256,0 | 267,2 | 266,1 |
| подстилка | 13,5 | 53,1 | 66,9 | 77,3 | 67,6 | 34,7 | 31,0 | 29,2 | 27,3 | 26,2 | 23,6 | 22,2 | 19,4 | 17,1 | 15,4 |
| почва | 88,1 | 349,0 | 438,2 | 505,8 | 459,7 | 288,1 | 269,7 | 260,9 | 251,5 | 247,5 | 234,7 | 224,4 | 212,4 | 201,3 | 193,0 |
| все пулы | 101,8 | 1029,6 | 1672,5 | 2065,5 | 2125,5 | 1898,3 | 1843,8 | 1804,8 | 1789,5 | 1788,2 | 1787,3 | 1764,3 | 1752,1 | 1750,4 | 1553,1 |

Таблица 6.14

Оценка нетто-поглощения CO₂ всеми пулами защитных насаждений при облесении сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации (с учетом потерь углерода в результате нарушений)

| Виды насаждений | Нетто-поглощение CO ₂ , тыс. т CO ₂ год ¹ | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Противоэрозионные насаждения, созданные до 1990 | 8290,6 | 8187,9 | 7579,9 | 6028,8 | 4867,8 | 4106,6 | 3953,5 | 3794,4 | 3592,4 | 3384,4 | 3168,3 | 2995,1 | 2827,6 | 2645,9 | 2467,1 |
| Полезащитные насаждения, созданные до 1990 | 13078,3 | 12969,6 | 11909,4 | 9204,6 | 7488,1 | 6445,1 | 6281,4 | 6114,6 | 5871,1 | 5624,3 | 5367,1 | 5098,7 | 4830,4 | 4562,0 | 4293,7 |
| Всего по защитным насаждениям, созданным до 1990 г. | 21368,9 | 21157,5 | 19489,3 | 15233,4 | 12356,0 | 10551,6 | 10234,9 | 9908,9 | 9463,5 | 9008,8 | 8535,4 | 8093,9 | 7657,9 | 7207,9 | 6760,8 |
| Противоэрозионные, созданные после 1990 | 252,8 | 1823,7 | 3192,5 | 4359,1 | 4776,9 | 4590,9 | 4550,6 | 4555,9 | 4561,9 | 4581,5 | 4582,7 | 4472,7 | 4399,6 | 4388,9 | 3677,5 |
| Полезащитные насаждения, созданные после 1990 | 120,3 | 1951,4 | 2940,2 | 3214,4 | 3016,7 | 2369,7 | 2210,1 | 2061,8 | 1999,6 | 1975,4 | 1970,8 | 1996,3 | 2024,9 | 2029,2 | 2017,2 |
| Всего по защитным насаждениям, созданным после 1990 г. | 373,1 | 3775,1 | 6132,6 | 7573,5 | 7793,6 | 6960,5 | 6760,7 | 6617,7 | 6561,5 | 6556,9 | 6553,5 | 6469,0 | 6424,4 | 6418,1 | 5694,8 |
| Всего по противоэрозионным насаждениям, созданным до и после 1990 г. | 8543,5 | 10011,5 | 10772,4 | 10387,9 | 9644,7 | 8697,4 | 8504,1 | 8350,3 | 8154,3 | 7965,9 | 7751,0 | 7467,8 | 7227,1 | 7034,8 | 6144,6 |
| Всего по полеззащитным насаждениям, созданным до и после 1990 г. | 13198,6 | 14921,0 | 14849,6 | 12419,0 | 10504,8 | 8814,7 | 8491,5 | 8176,4 | 7870,7 | 7599,7 | 7337,9 | 7095,1 | 6855,3 | 6591,2 | 6310,9 |
| Итого | 21742,1 | 24932,6 | 25621,9 | 22806,9 | 20149,6 | 17512,2 | 16995,6 | 16526,7 | 16025,0 | 15565,6 | 15088,9 | 14562,9 | 14082,4 | 13626,0 | 12455,5 |

Таблица 6.15

Участие различных древесных и кустарниковых пород (%) в защитных насаждениях, созданных в период 1999-2007 гг. по данным формы 9-ЛХ «Сведения о приживаемости лесных культур (защитные насаждения)»

| Порода | Противоэрозионные насаждения | Полезащитные лесные полосы |
|------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Сосна | 38,9 | 12,4 |
| Ель | 4,7 | 1,0 |
| Лиственница | 1,2 | 1,8 |
| Дуб | 4,3 | 2,0 |
| Ясень | 8,7 | 3,6 |
| Белая акация | 8,2 | 24,9 |
| Береза | 7,3 | 25,7 |
| Тополь | 6,5 | 18,9 |
| Прочие лиственные | 10,1 | 8,5 |
| Черкез, джугун, тереск | 8,8 | 0,0 |
| Прочие кустарниковые | 1,6 | 1,2 |
| Итого | 100,0 | 100,0 |

Таблица 6.16

Динамика среднего запаса углерода в различных пулах по мере роста противоэрозионных лесных насаждений (ЦЭПЛ РАН, 2008, Kurganova et al., 2014)

| Год | Пул углерода, т С га ⁻¹ | | | | | |
|-----|------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-------|-------|
| | Фитомасса надземная | Фитомасса подземная | Мертвая древесина | Подстилка | Почва | Итого |
| 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 1,1 |
| 2 | 0,4 | 0,2 | 0,0 | 0,3 | 1,9 | 2,7 |
| 3 | 1,2 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 2,9 | 4,9 |
| 4 | 2,1 | 0,8 | 0,0 | 0,6 | 3,8 | 7,4 |
| 5 | 3,3 | 1,2 | 0,2 | 0,7 | 4,8 | 10,2 |
| 6 | 4,5 | 1,6 | 0,4 | 0,9 | 5,8 | 13,2 |
| 7 | 5,9 | 2,1 | 0,7 | 1,0 | 6,7 | 16,4 |
| 8 | 7,3 | 2,6 | 1,1 | 1,2 | 7,7 | 19,8 |
| 9 | 8,7 | 3,1 | 1,5 | 1,3 | 8,6 | 23,3 |
| 10 | 10,2 | 3,6 | 1,9 | 1,5 | 9,6 | 26,7 |
| 11 | 11,8 | 4,1 | 2,3 | 1,6 | 10,6 | 30,3 |
| 12 | 13,4 | 4,5 | 2,8 | 1,8 | 11,5 | 34,0 |
| 13 | 15,0 | 5,0 | 3,4 | 1,9 | 12,5 | 37,8 |
| 14 | 16,6 | 5,5 | 4,2 | 2,1 | 13,4 | 41,7 |
| 15 | 18,1 | 6,0 | 4,6 | 2,2 | 14,4 | 45,3 |
| 16 | 19,9 | 6,4 | 5,1 | 2,4 | 15,4 | 49,2 |
| 17 | 21,6 | 6,9 | 5,8 | 2,5 | 16,3 | 53,2 |

Продолжение таблицы 6.16

| Год | Пул углерода, т С га ⁻¹ | | | | | |
|-----|------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------|-------|-------|
| | Фитомасса надземная | Фитомасса под-земная | Мертвая древесина | Подстилка | Почва | Итого |
| 18 | 23,3 | 7,4 | 6,6 | 2,7 | 17,3 | 57,2 |
| 19 | 25,0 | 7,9 | 7,5 | 2,8 | 18,2 | 61,5 |
| 20 | 26,7 | 8,3 | 7,8 | 3,0 | 19,2 | 65,0 |
| 21 | 28,5 | 8,8 | 8,2 | 3,0 | 19,4 | 67,8 |
| 22 | 30,3 | 9,2 | 8,6 | 3,0 | 19,6 | 70,7 |
| 23 | 32,0 | 9,6 | 9,2 | 3,0 | 19,8 | 73,6 |
| 24 | 33,8 | 10,0 | 9,9 | 3,0 | 20,0 | 76,6 |
| 25 | 35,5 | 10,4 | 10,2 | 3,0 | 20,2 | 79,2 |
| 26 | 37,1 | 10,9 | 10,6 | 3,0 | 20,3 | 81,8 |
| 27 | 38,7 | 11,3 | 11,1 | 3,0 | 20,5 | 84,5 |
| 28 | 40,3 | 11,7 | 11,6 | 3,0 | 20,7 | 87,3 |
| 29 | 41,8 | 12,1 | 12,3 | 3,0 | 20,9 | 90,1 |
| 30 | 43,4 | 12,5 | 13,0 | 3,0 | 21,1 | 93,0 |
| 31 | 44,9 | 13,0 | 13,2 | 3,0 | 21,3 | 95,3 |
| 32 | 46,4 | 13,4 | 13,3 | 3,0 | 21,5 | 97,6 |
| 33 | 47,8 | 13,9 | 13,8 | 3,0 | 21,7 | 100,1 |
| 34 | 49,2 | 14,3 | 14,2 | 3,0 | 21,9 | 102,5 |
| 35 | 50,6 | 14,7 | 14,6 | 3,0 | 22,1 | 104,9 |
| 36 | 51,9 | 15,1 | 15,0 | 3,0 | 22,2 | 107,2 |
| 37 | 53,3 | 15,4 | 15,4 | 3,0 | 22,4 | 109,5 |
| 38 | 54,5 | 15,8 | 15,8 | 3,0 | 22,6 | 111,8 |
| 39 | 55,8 | 16,2 | 16,2 | 3,0 | 22,8 | 114,0 |
| 40 | 57,0 | 16,5 | 16,7 | 3,0 | 23,0 | 116,2 |
| 41 | 58,2 | 16,9 | 17,1 | 3,0 | 23,2 | 118,4 |
| 42 | 59,4 | 17,2 | 17,5 | 3,0 | 23,4 | 120,5 |
| 43 | 60,5 | 17,6 | 17,9 | 3,0 | 23,6 | 122,5 |
| 44 | 61,6 | 17,9 | 18,3 | 3,0 | 23,8 | 124,6 |
| 45 | 62,7 | 18,2 | 18,7 | 3,0 | 24,0 | 126,6 |
| 46 | 63,7 | 18,5 | 19,1 | 3,0 | 24,1 | 128,5 |
| 47 | 64,8 | 18,8 | 19,6 | 3,0 | 24,3 | 130,4 |
| 48 | 65,7 | 19,1 | 20,0 | 3,0 | 24,5 | 132,3 |
| 49 | 66,7 | 19,3 | 20,4 | 3,0 | 24,7 | 134,1 |
| 50 | 67,6 | 19,6 | 20,8 | 3,0 | 24,9 | 135,9 |

Таблица 6.17

Динамика среднего запаса углерода в различных пулах по мере роста популяций лесных насаждений (ЦЭПЛ РАН, 2008, Kurganova et al., 2014)

| Год | Пул углерода, т С га ⁻¹ | | | | | |
|-----|------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-------|-------|
| | Фитомасса надземная | Фитомасса подземная | Мертвая древесина | Подстилка | Почва | Итого |
| 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 1,1 |
| 2 | 0,9 | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 1,9 | 3,5 |
| 3 | 2,2 | 0,9 | 0,0 | 0,4 | 2,9 | 6,4 |
| 4 | 3,7 | 1,6 | 0,1 | 0,6 | 3,8 | 9,8 |
| 5 | 5,3 | 2,1 | 0,6 | 0,7 | 4,8 | 13,5 |
| 6 | 6,9 | 2,8 | 1,1 | 0,8 | 5,8 | 17,4 |
| 7 | 9,1 | 3,5 | 1,8 | 1,0 | 6,7 | 22,1 |
| 8 | 11,2 | 4,3 | 2,7 | 1,1 | 7,7 | 27,0 |
| 9 | 13,5 | 5,0 | 4,0 | 1,3 | 8,6 | 32,5 |
| 10 | 15,9 | 5,8 | 4,4 | 1,4 | 9,6 | 37,1 |
| 11 | 18,6 | 6,5 | 5,1 | 1,6 | 10,6 | 42,4 |
| 12 | 21,3 | 7,3 | 5,9 | 1,7 | 11,5 | 47,7 |
| 13 | 24,0 | 8,0 | 6,9 | 1,8 | 12,5 | 53,2 |
| 14 | 26,6 | 8,7 | 8,0 | 2,0 | 13,4 | 58,8 |
| 15 | 29,2 | 9,4 | 8,4 | 2,1 | 14,4 | 63,6 |
| 16 | 31,9 | 10,1 | 8,9 | 2,3 | 15,4 | 68,5 |
| 17 | 34,6 | 10,7 | 9,6 | 2,4 | 16,3 | 73,7 |
| 18 | 37,2 | 11,4 | 10,4 | 2,5 | 17,3 | 78,8 |
| 19 | 39,8 | 12,0 | 11,4 | 2,7 | 18,2 | 84,2 |
| 20 | 42,4 | 12,7 | 11,5 | 2,8 | 19,2 | 88,6 |
| 21 | 44,9 | 13,2 | 11,6 | 2,8 | 19,4 | 91,9 |
| 22 | 47,4 | 13,7 | 11,9 | 2,8 | 19,6 | 95,4 |
| 23 | 49,8 | 14,2 | 12,2 | 2,8 | 19,8 | 98,8 |
| 24 | 52,2 | 14,7 | 12,6 | 2,8 | 20,0 | 102,3 |
| 25 | 54,4 | 15,2 | 12,6 | 2,8 | 20,2 | 105,2 |
| 26 | 56,4 | 15,6 | 12,6 | 2,8 | 20,3 | 107,8 |
| 27 | 58,3 | 16,1 | 12,8 | 2,8 | 20,5 | 110,6 |
| 28 | 60,2 | 16,6 | 12,9 | 2,8 | 20,7 | 113,3 |
| 29 | 62,0 | 17,1 | 13,2 | 2,8 | 20,9 | 116,0 |
| 30 | 63,8 | 17,5 | 13,6 | 2,8 | 21,1 | 118,9 |
| 31 | 65,6 | 18,0 | 14,1 | 2,8 | 21,3 | 121,9 |
| 32 | 67,4 | 18,5 | 14,6 | 2,8 | 21,5 | 124,9 |
| 33 | 69,2 | 19,0 | 15,1 | 2,8 | 21,7 | 127,9 |
| 34 | 71,0 | 19,5 | 15,6 | 2,8 | 21,9 | 130,8 |
| 35 | 72,8 | 20,0 | 16,1 | 2,8 | 22,1 | 133,8 |
| 36 | 74,6 | 20,5 | 16,6 | 2,8 | 22,2 | 136,8 |
| 37 | 76,4 | 21,0 | 17,1 | 2,8 | 22,4 | 139,8 |

Продолжение таблицы 6.17

| Год | Пул углерода, т С га ⁻¹ | | | | | |
|-----|------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-------|-------|
| | Фитомасса надземная | Фитомасса подземная | Мертвая древесина | Подстилка | Почва | Итого |
| 38 | 78,2 | 21,5 | 17,6 | 2,8 | 22,6 | 142,8 |
| 39 | 80,0 | 22,0 | 18,1 | 2,8 | 22,8 | 145,8 |
| 40 | 81,8 | 22,5 | 18,6 | 2,8 | 23,0 | 148,8 |
| 41 | 83,6 | 23,0 | 19,1 | 2,8 | 23,2 | 151,8 |
| 42 | 85,4 | 23,5 | 19,6 | 2,8 | 23,4 | 154,8 |
| 43 | 87,2 | 24,0 | 20,1 | 2,8 | 23,6 | 157,8 |
| 44 | 89,0 | 24,5 | 20,6 | 2,8 | 23,8 | 160,7 |
| 45 | 90,8 | 25,0 | 21,1 | 2,8 | 24,0 | 163,7 |
| 46 | 92,6 | 25,5 | 21,6 | 2,8 | 24,1 | 166,7 |
| 47 | 94,4 | 26,0 | 22,1 | 2,8 | 24,3 | 169,7 |
| 48 | 96,2 | 26,5 | 22,6 | 2,8 | 24,5 | 172,7 |
| 49 | 98,0 | 27,0 | 23,1 | 2,8 | 24,7 | 175,7 |
| 50 | 99,8 | 27,5 | 23,6 | 2,8 | 24,9 | 178,7 |

Оценка динамики суммарного запаса углерода фитомассой насаждений различных лет создания по уравнению (6.31):

$$CPA_{ijl} = SA_{jl} CPAM_{ij} \quad (6.31)$$

где: CPA_{ijl} – суммарный запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j , созданными в год l ;

SA_{jl} – площадь насаждений типа j , созданных в год l ;

$CPAM_{ij}$ – средний запас углерода, накопленный фитомассой насаждений типа j к году i (табл. 6.16, 6.17).

Оценка динамики суммарного запаса углерода в фитомассе защитных насаждениях по уравнению (6.32):

$$CPA_{ij} = \sum_l CPA_{ijl} \quad (6.32)$$

где: CPA_{ij} – суммарный запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j ;

CPA_{ijl} – суммарный запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j , созданными в год l .

Оценка поглощения углерода фитомассой защитных насаждениях за данный год по уравнению (6.33):

$$CPAS_{ij} = CPA_{(i+1)j} - CPA_{ij} \quad (6.33)$$

где: $CPAS_{ij}$ – поглощение углерода фитомассой насаждений типа j за год i ;

CPA_{ij} – общий запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j ;

$CPA_{(i+1)j}$ – общий запас углерода, накопленный к следующему году $i+1$ фитомассой насаждений типа j .

При расчете поглощения углерода другими пулами защитных насаждений пользуются уравнениями, аналогичными уравнениям 6.31-6.33.

6.3.1.2.3 – Неопределенность и согласованность временных рядов

См. раздел 6.3.1.1.3 выше.

Оценка неопределенности бюджета углерода пахотных земель, переведенных в лесные земли, связана с неопределенностью статистических данных по площадям облесения и конверсионных коэффициентов. Точность статистических исходных данных по площадям создаваемых противоэрозионных и полевых насаждений оценивается не более $\pm 5\%$, неопределенность конверсионных коэффициентов принята такой же, как и для лесных земель, остающихся лесными землями.

Неопределенность оценок выбросов метана и закиси азота от пожаров складывается из неопределенности оценок площадей пожаров $\pm 20\%$ и неопределенности коэффициентов выбросов (для CH_4 – $\pm 70\%$, для N_2O – $\pm 60\%$). Следует отметить, что неопределенность площадей пожаров при наземном методе учета не превышает $\pm 3\%$ (применяется для 8,5% территории лесов). Однако при переходе к использованию методов аэровизуального и космического мониторинга точность учета площадей пожаров падает и для данных дистанционного зондирования может составить до $\pm 30\%$ (применяется на 37,8% территории всех лесов, включая неуправляемые леса). Средневзвешенное значение неопределенности исходных данных о площадях пожаров на территории управляемых лесов составляет около $\pm 19,6\%$. Таким образом, для оценки неопределенности расчетов выбросов от пожаров в кадастре используется средневзвешенное значение $\pm 20\%$.

Приведенные в настоящем докладе величины выбросов и стоков ПГ рассчитаны по единой методике и с использованием единых и сопоставимых исходных данных и региональных переводных коэффициентов. Сохранение последовательных оценок временных рядов достигается пересчетом выбросов по мере уточнения имеющейся информации и получения новых данных или конверсионных коэффициентов.

6.3.1.2.4 – Обеспечение и контроль качества

См. раздел 6.3.1.1.4.

6.3.1.2.5 – Перерасчеты и планируемые усовершенствования

Перерасчеты в данной подкатегории не проводились. Планируется сбор данных о фактических нарушениях полевых и противоэрозионных насаждений.

6.3.2 Возделываемые земли (раздел 4.В ОТО)

6.3.2.1 Возделываемые земли (раздел 4.В.1 ОТО)

6.3.2.1.1 – Характеристика подкатегории

В этой категории выполнена оценка изменений запасов углерода в биомассе многолетних насаждений, в которые входят плодово-ягодные, виноградные и чайные насаждения, а также культуры хмеля. Данные по площадям многолетних насаждений и изменения запасов углерода в живой биомассе с 1990 по 2023 гг. приведены в таблице 6.18.

Дополнительно по предложению Минсельхоза РФ рассчитаны ежегодные изменения запасов углерода в переходящих остатках зерна (зерновые и зернобобовые культуры) (таблица 6.19). Ежегодное изменение запасов углерода в мертвом органическом веществе и в органическом веществе минеральных почв принята равной нулю. К обязательному элементу отчетности относятся выбросы парниковых газов от осушенных органических почв (таблица 6.20).

Переходящие остатки зерна (зерновые и зернобобовые культуры). Масса переходящих остатков зерна и результаты оценки изменения запасов углерода в переходящих остатках зерна с 2010 по 2023 гг. приведены в таблице 6.19.

Таблица 6.18

Площади многолетних насаждений и нетто-изменение запасов углерода их живой биомассы («+» накопление, «-» потери)

| Годы | Площадь, тыс. га | Сокращение площади по сравнению с предыдущим годом, тыс. га | Накопление углерода в биомассе, тыс. тонн | Потери углерода, тыс. тонн | Годовой баланс углерода, тыс. тонн ¹⁾ |
|------|------------------|---|---|----------------------------|--|
| 1990 | 1 019,5 | 0 | 2141,0 | 812,7 | 1328,3 |
| 1995 | 1 039,3 | 0 | 2182,5 | 0,0 | 2182,5 |
| 2000 | 842,3 | 24,1 | 1768,8 | 1512,0 | 256,8 |
| 2005 | 670,5 | 35,6 | 1408,1 | 2242,8 | -834,8 |
| 2010 | 550,0 | 16,1 | 1155,0 | 1011,6 | 143,4 |
| 2013 | 530,1 | 10,6 | 1113,1 | 670,6 | 442,6 |
| 2014 | 564,0 | 0 | 1184,4 | 0,0 | 1184,4 |
| 2015 | 557,1 | 6,9 | 1169,9 | 436,7 | 733,1 |
| 2016 | 552,9 | 4,2 | 1160,9 | 267,2 | 893,7 |
| 2017 | 555,0 | 0 | 1165,4 | 0,0 | 1165,4 |
| 2018 | 560,3 | 0 | 1176,6 | 0,0 | 1176,6 |
| 2019 | 562,2 | 0 | 1180,6 | 0,0 | 1180,6 |
| 2020 | 560,4 | 1,8 | 1176,8 | 114,2 | 1062,6 |
| 2021 | 563,5 | 0 | 1183,3 | 0,0 | 1183,3 |
| 2022 | 550,7 | 12,8 | 1156,5 | 806,5 | 350,0 |
| 2023 | 545,6 | 5,1 | 1145,68 | 323,7 | 822,0 |

¹⁾ Годовая нетто углерода – разница накопления углерода в оставшейся растущей биомассе и потерях углерода за год при вырубке или гибели многолетних насаждений.

Примечание: в результате округления данные в таблице могут незначительно отличаться от данных ОТО.

Таблица 6.19

Масса переходящих остатков зерна и изменение запасов углерода

| Годы | Масса переходящих остатков, тыс. тонн | Накопление углерода, тыс. тонн | Потери углерода, тыс. тонн | Баланс углерода, тыс. тонн |
|------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 2010 | 69500,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2011 | 51700,0 | 0,0 | -8010,0 | -8010,0 |
| 2012 | 59000,0 | 3285,0 | 0,0 | 3285,0 |
| 2013 | 43100,0 | 0,0 | -7155,0 | -7155,0 |
| 2014 | 52600,0 | 4275,0 | 0,0 | 4275,0 |
| 2015 | 60200,0 | 3420,0 | 0,0 | 3420,0 |
| 2016 | 64800,0 | 2070,0 | 0,0 | 2070,0 |
| 2017 | 77200,0 | 5580,0 | 0,0 | 5580,0 |
| 2018 | 90700,0 | 6075,0 | 0,0 | 6075,0 |
| 2019 | 72600,0 | 0,0 | -8145,0 | -8145,0 |
| 2020 | 76900,0 | 1935,0 | 0,0 | 1935,0 |
| 2021 | 81600,0 | 2115,0 | 0,0 | 2115,0 |
| 2022 | 78467,0 | 0,0 | -1409,9 | -1409,9 |
| 2023 | 111,855 | 15024,9 | 0,0 | 15024,9 |

Органические почвы постоянных пахотных земель. Результаты расчета выбросов CO₂ и CH₄ от осушенных органических почв постоянных пахотных земель приведены в таблице 6.20.

Таблица 6.20

Выбросы парниковых газов от осушенных органогенных почв возделываемых земель

| Годы | Площадь культивируемых органогенных почв, га | Выбросы CO ₂ , тыс. т | Выбросы CH ₄ , тыс. т | Суммарные выбросы, тыс. т CO ₂ -экв. |
|------|--|----------------------------------|----------------------------------|---|
| 1990 | 1023,2 | 18 784,7 | 59,6 | 20 453,8 |
| 1995 | 930,4 | 13 503,3 | 54,2 | 15 020,7 |
| 2000 | 805,3 | 17 673,4 | 46,9 | 18 986,8 |
| 2005 | 713,7 | 19 557,5 | 41,6 | 20 721,4 |
| 2010 | 678,5 | 15 157,7 | 39,5 | 16 264,3 |
| 2014 | 671,4 | 11 178,3 | 39,1 | 12 273,4 |
| 2015 | 672,8 | 12 863,3 | 39,2 | 13 960,6 |
| 2016 | 672,7 | 12 272,0 | 39,2 | 13 369,1 |
| 2017 | 674,8 | 11 324,7 | 39,3 | 12 425,3 |
| 2018 | 675,8 | 11 307,5 | 39,4 | 12 409,8 |
| 2019 | 674,0 | 11 250,5 | 39,3 | 12 349,8 |
| 2020 | 671,2 | 11 617,9 | 39,1 | 12 712,6 |
| 2021 | 668,8 | 11 121,3 | 39,0 | 12 212,2 |
| 2022 | 669,5 | 14 192,1 | 39,0 | 15 284,0 |
| 2023 | 669,9 | 12 471,5 | 39,0 | 13 564,1 |

6.3.2.1.2 – Методология сбора данных и расчетов

Изменения углерода в биомассе многолетних древесных и кустарниковых растений на постоянно обрабатываемых землях сельскохозяйственного назначения. Исходные данные о площадях многолетних культур – плодово-ягодных, виноградных и чайных насаждений, а также насаждений хмеля, за период с 1990 по 2023 гг. взяты из официальной статистической информации Росстата и из ежегодных статистических сборников (Госкомстат, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2004, 2013, 2016; Росстат, 2005-2023; <https://rosstat.gov.ru>). При расчете определяли суммарные площади многолетних культур и изменение этих площадей по сравнению с предыдущим годом. В случае сокращения площадей под многолетними насаждениями оценивали потери углерода в биомассе на этих площадях. На возделываемых площадях рассчитывали накопление углерода. Расчет изменения углерода в надземной биомассе многолетних культур выполняли в соответствии с методикой МГЭИК, уровень 1 (МГЭИК, 2006). Коэффициенты накопления углерода в растущей биомассе (2,1 т С га⁻¹·год⁻¹) и потери углерода при вырубке или гибели насаждений (63 т С га⁻¹) взяты из таблицы 5.1 для умеренного климата (МГЭИК, 2006).

Ежегодное изменение запасов углерода в переходящих остатках зерна (зерновые и зернобобовые культуры). С 2024 года в Кадастр парниковых газов РФ внесены данные по переходящим остаткам зерна (Росстат, 2024). Оценки о накоплении/потерях углерода при изменении запасов переходящих остатков зерна проводились в соответствии со следующей формулой:

$$\Delta C_i = (m_i - m_{i-1}) \cdot 0,45 \cdot 1000 \quad (6.34)$$

где: ΔC_i – изменение запасов углерода в i-ом году по сравнению с предыдущим годом, тыс. тонн;

m_i – масса переходящих остатков зерна в i-ом году, млн. тонн (Росстат);

m_{i-1} – масса переходящих остатков зерна в (i-1)-ом году, млн. тонн (Росстат);

0,45 – коэффициент пересчета зерна на содержание углерода;

1000 – пересчет на тыс. тонн.

Данный показатель позволяет более точно оценить изменение запасов углерода в категории возделываемых земель, так как запас зерна, остающийся на конец года и нереализованный в других секторах является накопителем углерода. При уменьшении запасов зерна можно сделать вывод о том, что за год было реализовано больше переходящих остатков зерна, соответственно наблюдается пропорциональное уменьшение запасов углерода, заключенных в зерне.

Ежегодное изменение запасов углерода в мертвом органическом веществе пахотных земель. Методика МГЭИК (МГЭИК, 2006) предполагает отсутствие изменений запаса углерода в резервуаре мертвого органического вещества на пахотных землях. Поэтому эта категория не оценивалась и в таблицах ОТО использованы стандартные указатели «NO». Исследование методов ведения хозяйства на пахотных землях в РФ подтверждает допущение о невозможности формирования многолетнего пула мертвого органического вещества: на посевных площадях однолетних культур мертвое органическое вещество не накапливается вследствие ежегодной вспашки; на площадях под многолетними культурами проводится ежегодная обработка, включая сбор опада, вспашку междурядий и рыхление почвы.

Ежегодное изменение запасов углерода в минеральных и органогенных почвах пахотных земель Согласно заключению группы экспертов по рассмотрению кадастра 2018 года метод уровня 3 в настоящее время не применим в России для оценки изменения запасов углерода в минеральных почвах постоянных возделываемых земель и постоянных кормовых угодий. Согласно рекомендации группы экспертов, в настоящем кадастре использован метод более низкого уровня – уровня 1.

В соответствии с методикой МГЭИК (МГЭИК, 2006) (том 4, главы 5 и 6, раздел "почвенный углерод") отмечается, что метод уровня 1 используется для оценки изменений запасов органического почвенного углерода в результате изменений в системе управления земель. Метод Уровня 2 основан на этом же подходе, но с большей детализацией исходных и конечных запасов почвенного углерода и других данных.

Согласно данным Росстата за 1990-2023 гг. внесение минеральных и органических удобрений, а также проведение химических мелиораций в России многократно меньше, чем до 1990 г. Существующие государственные стандарты (ГОСТ 26244-84, ГОСТ 33736-2016), регулирующие обработку сельскохозяйственных земель, не претерпевали изменений за отчетный период, что также свидетельствует об отсутствии изменений системы управления пахотными угодьями.

Таким образом, учитывая, что изменений в системе управления постоянными пахотными землями, а также постоянными кормовыми угодьями в течение отчетного периода в России не происходило, оценки по Уровню 1 дают нулевое изменение запасов. Поэтому в соответствующих строках таблиц ОТО использовано условное обозначение "NO". В будущем планируется изучить возможность разработки альтернативного метода Уровня 3 для оценки изменений запасов почвенного углерода на этих землях.

Органогенные почвы. До 2006 года ежегодные статистические данные по площадям обрабатываемых осушенных органогенных почв в стране отсутствуют. Поэтому их площадь определена расчетным путем на основании общей ежегодной культивируемой площади в стране (сумма посевных площадей, пара и многолетних насаждений) и доле осушенных почв. Согласно статистическим данным по площадям осушенных земель, в 2006 г. доля осушенных почв на землях обрабатываемых земель определена равной 2,88%. Для периода 2006-2023 гг. ежегодная доля осушенных почв культивируемых земель рассчитана по статистическим данным площадей осушенных земель пашен и многолетних насаждений (Роснедвижимость, 2007-2009; Росреестр, 2010-2023) и составляет 2,7-2,9%.

С 2024 года в Национальный Кадастр парниковых газов России внесены уточненные данные по площадям осушаемых органогенных почв пахотных земель, полученные на основании предоставленных данных по площадям осушаемых органогенных почв Министерством сельского хозяйства РФ с уточнениями ФГБНУ ФИЦ "Почвенный Институт им. В.В. Докучаева» (далее – Почвенный институт) (Приложение 1 к письму от 16.09.2024 г. № 328/1-64). Уточнение площадей осушаемых органогенных почв было проведено Почвенным институтом на основе сопоставления данных обо всех осушенных землях сельскохозяйственного назначения

(рис. 6.11 А), предоставленных Минсельхозом РФ, и данных об ареалах распространения органогенных почв, представленных в Едином государственном реестре почвенных ресурсов России (далее – ЕГРПР) (рис. 6.11 Б).

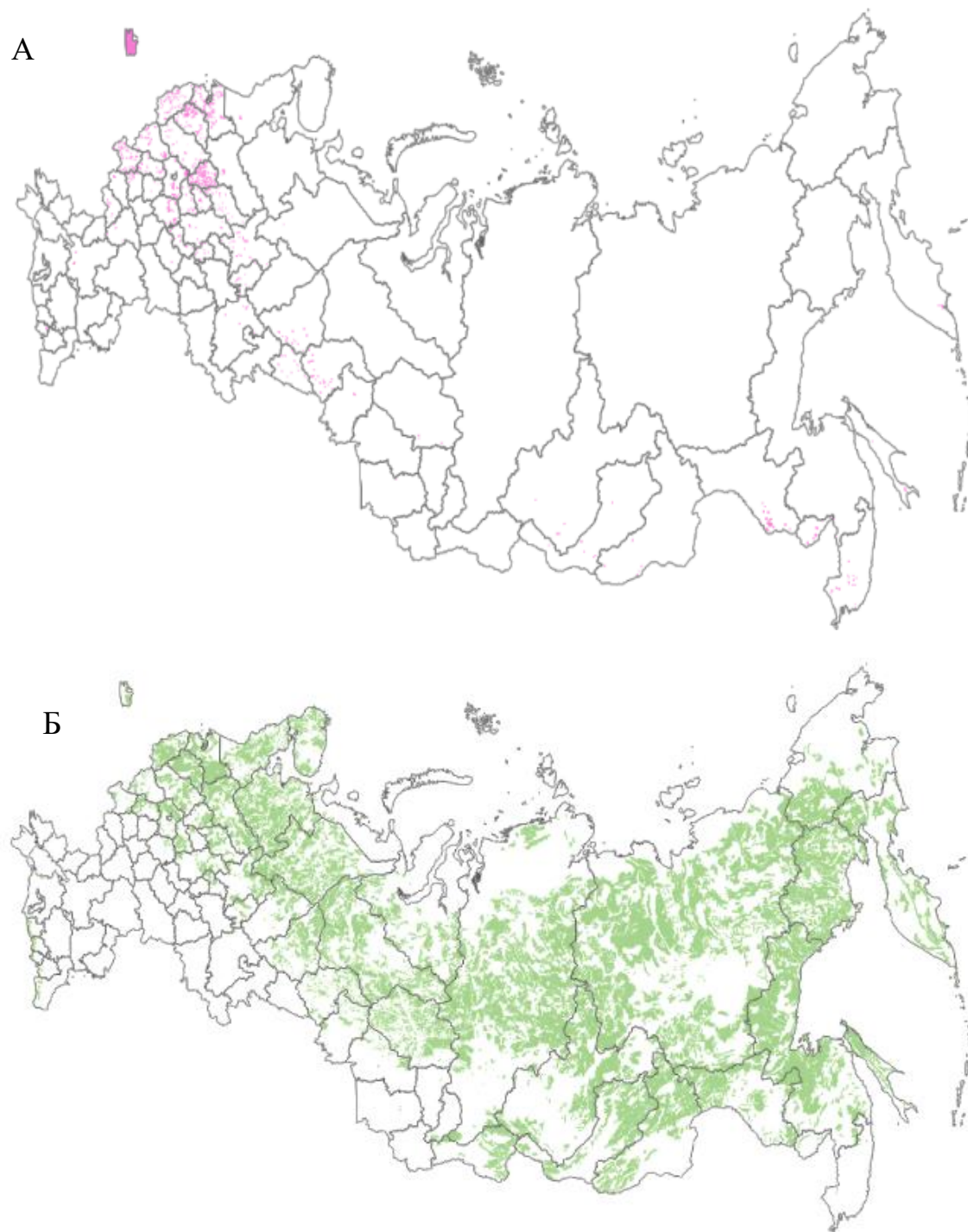


Рисунок 6.11 – Распространение органогенных почв: а) реестр осушенных земель сельскохозяйственного назначения, стоящих на балансе юридических организаций Российской Федерации; б) - распространение органогенных почв в составе почвенного покрова контуров ЕГРПР Российской Федерации.

Данная оценка была проведена для каждого субъекта Российской Федерации (пример - рис. 6.12) с последующим получением результирующей площади для территории всей страны путем суммирования площадей осушаемых органогенных почв в каждом субъекте РФ.

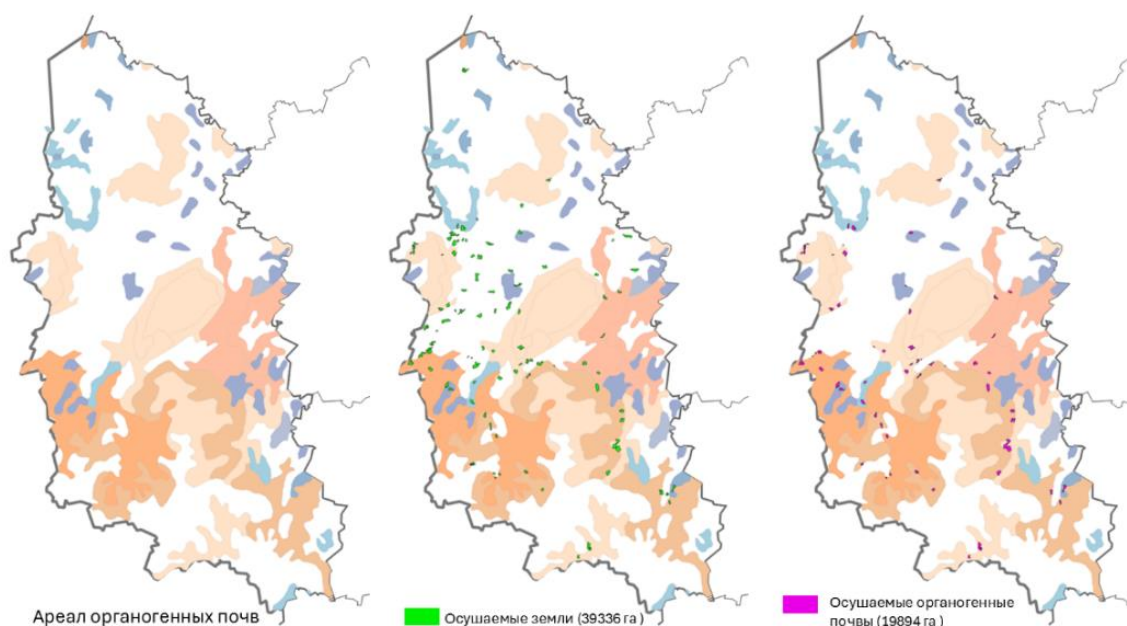


Рисунок 6.12 – Иллюстрация учета возделываемых осушаемых земель сельскохозяйственного назначения с участием органогенных почв в составе их почвенного покрова Почвенным институтом на примере Псковской области.

В настоящее время Министерство сельского хозяйства Российской Федерации ведет формирование реестра данных по осушаемым земельным участкам сельскохозяйственного назначения в виде векторного покрытия их границ и реквизитов правоустанавливающих документов. На сегодня реестр содержит информацию о 1 326 994 га возделываемых осушенных земель. ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» проводит уточнение данных о площадях на основе сопоставления информации об осушенных землях, представленной Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, с данными об ареалах распространения органогенных почв из Единого государственного реестра почвенных ресурсов России (ЕГРПР). В результате этого уточнения из обследованных 1 326 994 га возделываемых осушенных земель было подтверждено 355 639 га, что составляет 26,8% от первоначальной оценки. В дальнейшем будет проведена корректировка площадей осушенных земель сельскохозяйственного назначения на основе результатов мониторинга земель, проводимых Минсельхозом России.

По полученным от Почвенного института данным осушаемые органогенные почвы составляют 26,83% от всей площади осушаемых почв сельскохозяйственного назначения как пахотных, так и пастбищных угодий, что приводит к пропорциональному уменьшению эмиссии/поглощения парниковых газов. Для всего отчетного временного ряда были проведены перерасчеты площадей органогенных почв в подсекторе возделываемых земель (рис. 6.13), а также переоценка величин потока/поглощения парниковых газов в соответствии с нижепредставленными методологиями расчета.

Методология расчета эмиссии CO₂ из осушаемых органогенных почв соответствует Уровню 1 (Wetland supplement, 2014). В кадастре применяется национальный коэффициент эмиссии углерода для органогенных почв (Павлик, 2012). Согласно данному исследованию при выращивании многолетних трав на сено на торфяных почвах заливных лугов (агрозем торфяный типичный, агрозем торфяный глееватый, агрозем торфяно-минеральный типичный) средняя годовая эмиссия CO₂ находится на уровне $6,3 \pm 2,0$ по сравнению с контролем

эмиссии на залежи. Это значение было использовано для оценки выброса CO_2 от культивируемых органогенных почв для всех лет периода с 1990 по 2023 гг. Результаты расчетов площадей органических почв и потерь углерода с них приведены в таблице 6.20 выше.

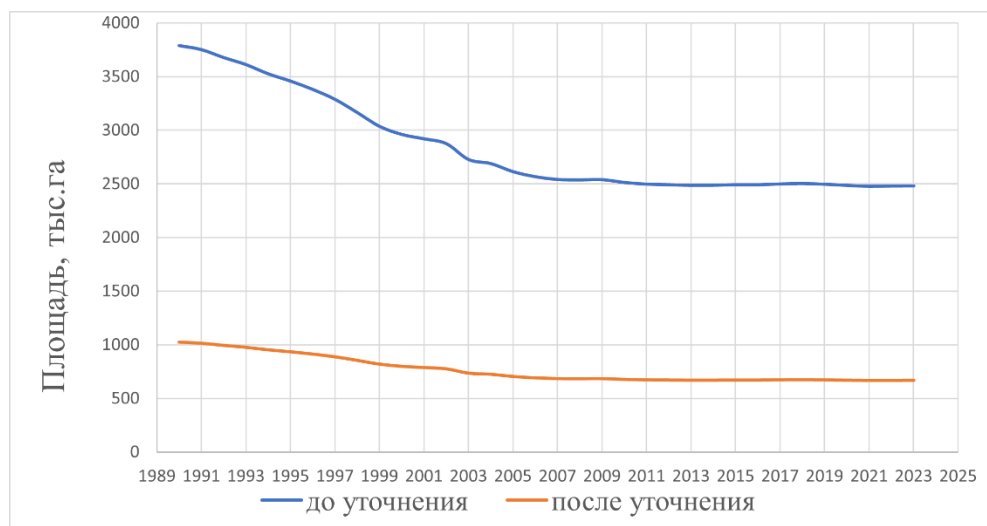


Рисунок 6.13 – Площадь осушаемых органогенных почв пахотных земель.

Выбросы N_2O с рассчитанной площади обрабатываемых органогенных почв за период с 1990 по 2023 гг. оценены в секторе Сельского хозяйства, категория 3D1.6.

В настоящем кадастре оценены также выбросы CH_4 от органогенных почв возделываемых земель. При этом применены методика Уровня 1 и рекомендуемые коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2014). Расчеты проведены в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 данного Руководства. Коэффициенты соответствуют:

- Frac_ditch (= 0,5) – табл. 2.4, раздел 2.2.2.1, стр. 2.25 для пахотных земель бореальной/умеренной зон;
- EF_land (= 0,0 CH_4 кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для пахотных земель бореальной/умеренной зон;
- EF_ditch (= 1165 CH_4 кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для пахотных земель и глубоко осушенных луговых земель бореальной/умеренной зон.

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен 58,25 CH_4 кг/га/год, который и был использован в расчетах.

Результаты расчета выброса CH_4 при культивации органогенных почв приведены в таблице 6.20 выше. Для отчетности в таблицах ОТО выбросы CH_4 от осушенных возделываемых земель приведены в категории 4(II) «Выбросы и поглощение при осушении, обводнении и ином управлении» раздела 4В, в подкатегории «осушенные органогенные почвы».

Известкование почв. В соответствии с решением Конференции Сторон РКИК ООН 24/СР.19, с 2015 года выбросы CO_2 при известковании обрабатываемых почв предоставляются в кадастре сектора Сельское хозяйство (см. раздел 5.10 настоящего доклада).

Сжигание биомассы на пахотных землях. Сжигание растительных остатков на пахотных землях в России запрещено (см. раздел 5.9 настоящего доклада). Эффективная пожарная охрана посевов культурных растений приводит к практически полному отсутствию естественных возгораний на территории пахотных земель. Таким образом, для пахотных земель в таблицах ОТО использован стандартный указатель «NA» («не применимо»).

6.3.2.1.3 – Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность статистических исходных данных по площадям земель сельскохозяйственного назначения оценивается не более $\pm 5\%$.

Расчет ежегодного изменения запасов углерода в живой биомассе многолетних культур на возделываемых землях выполнялся с коэффициентом по умолчанию уровня 1 МГЭИК, неопределенность которого оценивается в пределах $\pm 75\%$ в соответствии с таблицей 5.1 (МГЭИК, 2006). Поэтому общая неопределенность расчетов накопления углерода в биомассе и потерей углерода биомассы оценивается по подходу 1 МГЭИК равной $\pm 75,17\%$. Таким образом, суммарная неопределенность по данной категории рассчитана в соответствии с уровнем сложности 1 МГЭИК равной $\pm 79,17\%$.

Потери углерода при использовании органогенных почв пахотных угодий в настоящем кадастре определены на основании национального коэффициента. Его неопределенность равна $\pm 32,3\%$. Площади осушенных земель являются данными официальной национальной статистики и их неопределенность равна 5% . Объединенная неопределенность расчета выбросов CO_2 от органогенных пахотных почв составляет $\pm 37,3\%$. Таким образом, использование национального коэффициента сократило неопределенность оценок данной категории выбросов почти в 3 раза – от $\pm 90,14\%$ (в кадастре 2013 года) до $\pm 37,3\%$.

Также рассчитаны выбросы CH_4 от органогенных почв пахотных угодий в соответствии с дополнительным руководством МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2014). Неопределенность всех использованных параметров и коэффициентов приведена в соответствующих таблицах руководства: 2.1, 2.2, 2.3 и 2.5 из главы 2 (IPCC, 2014). Совокупная неопределенность расчетов в соответствии с уровнем 1 МГЭИК определена равной для выброса CH_4 от пахотных угодий $\pm 87,04\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.2.1.4 – Обеспечение и контроль качества

Для обеспечения и контроля качества данной подкатегории применялись общие процедуры Российского национального кадастра.

6.3.2.1.5 – Пересчеты и планируемые усовершенствования

В Кадастре 2025 года были проведены перерасчеты, связанные с уточнением площади осушенных органогенных почв, и уточнен национальный коэффициент эмиссии углерода для органогенных почв на основании полного текста диссертации Павлика (2012). Ведется разработка методики оценки изменения запасов углерода в минеральных почвах. Кроме того, к данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.2.2 Земли, преобразованные в возделываемые угодья (раздел 4.В.2 ОТО)

6.3.2.2.1 Сенокосы и пастбища, преобразованные в возделываемые угодья (раздел 4.В.2.2 ОТО)

6.3.2.2.1.1 Характеристика подкатегории

В настоящем кадастре выполнены оценки изменений запасов углерода при конверсии сенокосов и пастбищ в возделываемые земли. Данный вид конверсии не относится к природным явлениям и выполняется в результате прямого антропогенного воздействия, поэтому изменения запасов углерода были оценены и приведены в соответствующей таблице ОТО. Результаты оценки изменений запасов углерода представлены в таблице 6.21.

Таблица 6.21

Оценка изменений запасов углерода при переводе сенокосов и пастбищ
в возделываемые угодья

| Годы | Площадь, тыс. га | | Биомасса, тыс. т С в год | Мертвое органическое вещество, тыс. т С в год |
|-----------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| | Куммулятивная площадь | Ежегодное изменение | | |
| 1990-2010 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2011 | 807,70 | 807,70 | -2,38 | -3,81 |
| 2012 | 807,70 | 0,00 | 0 | 0 |
| 2013 | 1078,86 | 271,15 | -0,80 | -1,27 |
| 2014 | 1078,86 | 0,00 | 0 | 0 |
| 2015 | 1315,60 | 236,75 | -0,69 | -1,11 |
| 2016 | 2120,40 | 804,79 | -2,37 | -3,79 |
| 2017 | 2586,70 | 466,30 | -1,37 | -2,20 |
| 2018-2019 | 2586,70 | 0 | 0 | 0 |
| 2020 | 2805,67 | 218,97 | -0,64 | -1,03 |
| 2021 | 2925,96 | 120,30 | -0,35 | -0,56 |
| 2022 | 3928,67 | 902,70 | -2,67 | -4,26 |
| 2023 | 4122,33 | 293,67 | -0,78 | -1,39 |

6.3.2.2.1.2 Методология сбора данных и расчетов

Для оценки потерь углерода при переводе сенокосов и пастбищ в пахотные и другие земли сельскохозяйственного назначения используется методология, соответствующая Уровню 1 (МГЭИК, 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов почвы, биомассы и мертвого органического вещества до и после конверсии.

Средний запас углерода почв до конверсии принят равным 88,5 т С/га, после конверсии 55,65 т С/га. Для оценки потерь углерода почв при переводе сенокосов и пастбищ в возделываемые земли принят период конверсии равный 20 годам. Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии равны 7,1 т С/га, после конверсии 4,2 т С/га. Для оценки изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе сенокосов и пастбищ, переустроенных в пахотные земли, были использованы средние запасы углерода равные 5,9 т С/ га до конверсии и 1,2 тС/ га после перевода земель. Величина была использована в качестве начального запаса углерода почв до конверсии. Период конверсии принят равным одному году.

Оценки выбросов N_2O при минерализации почвенного органического вещества представлены в разделе «Сельское хозяйство».

6.3.2.2.1.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

В кадастре выполнена оценка изменения запасов углерода биомассы, мортмассы и почвы при конверсии луговых земель в пахотные земли. Для этого использованы средние запасы углерода биомассы и мортмассы из (Базилевич, 1993). Соответствующие коэффициенты и их неопределенность приведены в таблице 6.64. Площади переведенных луговых угодий в пахотные земли получены на основе составленной матрицы конверсии земель. Поэтому неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$). Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет $\pm 50,99\%$ и $\pm 15,98\%$ соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК). Объединенная неопределенность расчетов для резервуара почв составляет $\pm 16,40\%$

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.1.2.1.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.3.1.2.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В кадастре 2024 года проведен перерасчет выбросов в данной категории в связи с уточнением периода изменений в органическом веществе почв для земель, переведенных из луговых в пахотные земли.

6.3.3 Сенокосы и пастбища (раздел 4.С ОТО)

6.3.3.1 Постоянные сенокосы и пастбища (раздел 4.С.1 ОТО)

6.3.3.1.1 Управляемые постоянные сенокосы и пастбища

6.3.3.1.1.1 Характеристика подкатегории

К данной категории луговых земель, находящихся в антропогенном использовании, относятся земли кормовых угодий, включая пастбища и сенокосы. Несмотря на схожесть растительного покрова этих двух сообществ, тип и интенсивность их использования существенно различаются, и это необходимо учитывать при оценке изменения запасов углерода.

Органогенные почвы кормовых угодий. Результаты расчета выброса CH_4 от органогенных почв кормовых угодий приведены в таблице 6.22. Для отчетности в таблицах ОТО выбросы CH_4 от осушенных земель кормовых угодий приведены в категории 4(II) «Выбросы и поглощение при осушении, обводнении и ином управлении» раздела 4С, в подкатегории «осушенные органогенные почвы».

Таблица 6.22

Выбросы парниковых газов от осушенных органогенных почв кормовых угодий

| Годы | Площадь органогенных почв кормовых угодий, тыс. га/год | Выбросы CO_2 , тыс. т | Выбросы CH_4 , тыс. т | Суммарные выбросы, тыс. т CO_2 -экв. |
|------|--|--------------------------------|--------------------------------|---|
| 1990 | 645,04 | 13765,1 | 28,1 | 14 553,1 |
| 1995 | 595,85 | 12715,4 | 26,0 | 13 443,3 |
| 2000 | 546,66 | 11665,7 | 23,9 | 12 333,6 |
| 2005 | 497,47 | 10616,1 | 21,7 | 11 223,8 |
| 2010 | 475,16 | 10139,9 | 20,7 | 10 720,4 |
| 2013 | 472,77 | 10088,9 | 20,3 | 10666,5 |
| 2014 | 472,07 | 10074,0 | 20,6 | 10 650,8 |
| 2015 | 471,70 | 10066,0 | 20,6 | 10 642,3 |
| 2016 | 471,16 | 10054,6 | 20,6 | 10 630,2 |
| 2017 | 472,02 | 10072,9 | 20,6 | 10 649,5 |
| 2018 | 472,05 | 10073,5 | 20,6 | 10 650,1 |
| 2019 | 472,96 | 10092,9 | 20,6 | 10 670,7 |
| 2020 | 470,54 | 10041,4 | 20,5 | 10 616,2 |
| 2021 | 471,19 | 10055,1 | 20,6 | 10 630,8 |
| 2022 | 471,99 | 10072,29 | 20,6 | 10 648,9 |
| 2023 | 472,81 | 10089,74 | 20,6 | 10 667,3 |

Сжигание биомассы на землях кормовых угодий. Выбросы CH_4 , N_2O , CO , NO_x , NMVOC от травяных пожаров (табл. 6.23) значительно варьируют год от года в прямой зависимости от площади, пройденной огнем.

Таблица 6.23

Прямые выбросы от травяных пожаров

| Год | Площадь, пройденная пожарами, тыс. га | Выбросы парниковых газов, тыс. т | | | | |
|------|---------------------------------------|----------------------------------|--------|------------------|-----------------|--------|
| | | CH ₄ | CO | N ₂ O | NO _x | NMVOС |
| 1990 | 303,6 | 7,0 | 197,3 | 0,6 | 11,8 | 136,0 |
| 1995 | 102,7 | 2,4 | 66,8 | 0,2 | 4,0 | 46,0 |
| 2000 | 639,2 | 14,7 | 415,5 | 1,3 | 24,9 | 286,4 |
| 2005 | 4274,8 | 98,3 | 2778,6 | 9,0 | 166,7 | 1915,1 |
| 2010 | 3954,1 | 90,9 | 2570,1 | 8,3 | 154,2 | 1771,4 |
| 2013 | 1650,1 | 37,9 | 1072,6 | 3,5 | 64,3 | 739,2 |
| 2014 | 4421,5 | 101,7 | 2874,0 | 9,3 | 172,4 | 1980,8 |
| 2015 | 2917,9 | 67,1 | 1896,6 | 6,1 | 113,8 | 1307,2 |
| 2016 | 1864,8 | 42,9 | 1212,1 | 3,9 | 72,7 | 835,4 |
| 2017 | 2317,7 | 53,3 | 1506,5 | 4,9 | 90,4 | 1038,3 |
| 2018 | 2514,3 | 57,8 | 1634,3 | 5,3 | 98,1 | 1126,4 |
| 2019 | 2724,6 | 62,7 | 1771,0 | 5,7 | 106,3 | 1220,6 |
| 2020 | 2437,0 | 56,0 | 1584,0 | 5,1 | 95,0 | 1091,8 |
| 2021 | 2388,9 | 54,9 | 1552,8 | 5,0 | 93,2 | 1070,2 |
| 2022 | 2108,4 | 48,5 | 1370,4 | 4,4 | 82,2 | 944,5 |
| 2023 | 2434,6 | 56,0 | 1582,5 | 5,1 | 95,0 | 1090,7 |

6.3.3.1.1.2 Методология сбора данных и расчетов

В Росреестре регулярно собираются данные по площадям пастбищ и сенокосов в стране у землепользователей, занимающихся сельскохозяйственным производством (табл. 6.24), а также их распределение по субъектам Федерации за 1990 г. и за период с 1998 по 2022 гг. (Роснедвижимость, 2006b- 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014, 2016- 2023). Распределение площадей по областям и регионам РФ в течение периода с 1991 по 1997 гг. было вычислено в соответствии со средним соотношением площадей кормовых угодий в субъектах Федерации за 1990 и 1998 гг. с использованием суммарной площади сенокосов и пастбищ в стране в определенном году. Для проведения расчетов были использованы площади угодий, используемые землепользователями для сельскохозяйственного производства. Доля этих угодий составляет 90% от всех сельскохозяйственных угодий в стране (Роснедвижимость, 2005, 2006a- 2009a; Росреестр, 2010a, 2012a, 2013a, 2014–2023). Данные по общим площадям сельскохозяйственных угодий, т.е. угодий, не только используемых в сельскохозяйственном производстве, но и пригодных к такому использованию, включают также площади земель запаса, которые относятся к неиспользуемым землям и, следовательно, не должны включаться в кадастр антропогенных выбросов и поглощения ПГ.

Как следует из данных таблицы 6.24, наблюдается четкая тенденция сокращения земель кормовых угодий в стране за период с 1990 по 2005 год и относительной их стабилизации в течение последних лет с 2006 по 2023 годы. Незначительное увеличение площадей используемых сенокосов и пастбищ отмечено в отдельные годы (1994, 1995, 1999, 2008, 2010 – 2019), которое, по-видимому, происходило за счет земель, находившихся под кормовыми угодьями в предыдущие годы и неиспользуемых в течение 2-3 последних лет. (Рост площадей в 2014 г. обусловлен включением в состав РФ Крымского федерального округа.) За этот срок качество растительного покрова пастбищ и сенокосов сохраняется, что позволяет использовать данные земли вновь. В течение 2-3 лет существенного изменения запасов углерода ни в живой биомассе, ни в почвах на этих землях произойти не может. Поэтому оценивать изменение запасов углерода на этих площадях в категории 4.C.2. «Земли, переустроенные в луговые земли»,

было бы некорректно, и они рассмотрены в настоящем кадастре в категории управляемых луговых земель, постоянно остающихся луговыми землями.

Таблица 6.24

Площади кормовых угодий землепользователей, занимающихся сельскохозяйственным производством в России

| Годы | Площадь кормовых угодий, млн га |
|------|---------------------------------|
| 1990 | 80,1 |
| 1995 | 78,7 |
| 2000 | 72,6 |
| 2005 | 72,5 |
| 2010 | 70,1 |
| 2013 | 70,4 |
| 2014 | 70,5 |
| 2015 | 70,6 |
| 2016 | 70,7 |
| 2017 | 70,9 |
| 2018 | 71,0 |
| 2019 | 71,2 |
| 2020 | 71,0 |
| 2021 | 70,9 |
| 2022 | 71,0 |
| 2023 | 71,1 |

Изменения углерода в биомассе многолетних растений на землях пастбищ и сенокосов. В соответствии с методикой МГЭИК, уровень 1 (МГЭИК, 2006), допускается, что при неизменной практике управления кормовыми угодьями, запасы углерода в живой биомассе не изменяются. В России в течение периода с 1990 по 2023 гг. методы ведения хозяйства и режимы использования кормовых угодий практически не изменялись, и поэтому годовое изменение запасов углерода в живой биомассе на постоянных землях кормовых угодий принято постоянным и в таблицах ОТО использован стандартный указатель «NA».

Ежегодное изменение запасов углерода в мертвом органическом веществе сенокосов и пастбищ. В настоящее время методика МГЭИК (МГЭИК, 2006) для Уровней 1 и 2 оценки предполагает, что при неизменной практике управления землями кормовых угодий изменений запаса углерода в резервуаре мертвого органического вещества не происходит. В России в течение периода с 1990 по 2023 гг. методы ведения хозяйства и режимы использования кормовых угодий практически не изменялись. Следовательно, эта категория не оценивалась, и в таблицах ОТО для резервуара мертвого органического вещества использован стандартный указатель «NA».

Ежегодное изменение запасов углерода в минеральных и органогенных почвах земель сенокосов и пастбищ

Минеральные почвы. Согласно заключению группы экспертов по рассмотрению кадастра 2018 года метод уровня 3 в настоящее время не применим в России для оценки изменения запасов углерода в минеральных почвах постоянных возделываемых земель и постоянных кормовых угодий. Согласно рекомендации группы экспертов, в настоящем кадастре использован метод более низкого уровня – уровня 1.

В соответствии с методикой МГЭИК (МГЭИК, 2006) (том 4, главы 5 и 6, раздел "почвенный углерод") отмечается, что метод уровня 1 используется для оценки изменений запасов органического почвенного углерода в результате изменений в системе управления

земель. Метод Уровня 2 основан на этом же подходе, но с большей детализацией исходных и конечных запасов почвенного углерода и других данных. Учитывая, что изменений в системе управления постоянными пахотными землями, а также постоянными кормовыми угодьями в течение отчетного периода в России не происходило, оценки по Уровню 1 дают нулевое изменение запасов. Поэтому в соответствующих строках таблиц ОТО использовано условное обозначение "NO". В будущем планируется изучить возможность разработки альтернативного метода Уровня 3 для оценки изменений запасов почвенного углерода на этих землях.

Органогенные почвы. Площадь осушенных земель на территории кормовых угодий была определена расчетным путем на основании общей ежегодной площади сенокосов и пастбищ в стране (Госкомстат, 1995а, 2000; Росстат, 2004; Росстат, 2005-2016; Роснедвижимость, 2007b- 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014-2023) и доле торфянистых и торфяных почв в кормовых угодьях России, которая по состоянию на 1980 г. составляла около 3,0% (Минсельхоз РСФСР, 1980). Эта величина была использована для 1990 года. Для лет периода с 1991 по 2005 годы площади осушаемых почв на кормовых угодьях были определены методом интерполяции. С 2006 года и далее для расчетов используются статистические данные по площадям осушенных земель сенокосов и пастбищ (Роснедвижимость, 2007b- 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014- 2022). Их доля от общей площади кормовых угодий изменялась от 2,59% (2006г.) до 2,47% (2021 г.), в 2023 году наблюдалось увеличение показателя до 2,48%. Уточнение площадей осушаемых почв выполнено в соответствии с рекомендациями группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра РФ в 2011г.

С 2024 года в Национальный Кадастр парниковых газов России внесены уточненные данные по площадям осушаемых органогенных почв пастбищных земель, полученные на основании предоставленных данных по площадям осушаемых органогенных почв Министерством сельского хозяйства РФ с уточнениями ФГБНУ ФИЦ "Почвенный Институт им. В.В. Докучаева». Подробные сведения о проведении оценки площадей осушаемых органогенных почв сельскохозяйственного назначения Почвенным институтом приведены в подразделе 6.3.2.1.2 настоящего Кадастра.

В соответствии с новыми площадями осушаемых органогенных почв для всего отчетного временного ряда были проведены перерасчеты площадей органогенных почв в подсекторе пастбищных земель (рис. 6.14), а также переоценка величин потока/поглощения парниковых газов в соответствии с нижепредставленными методологиями расчета.

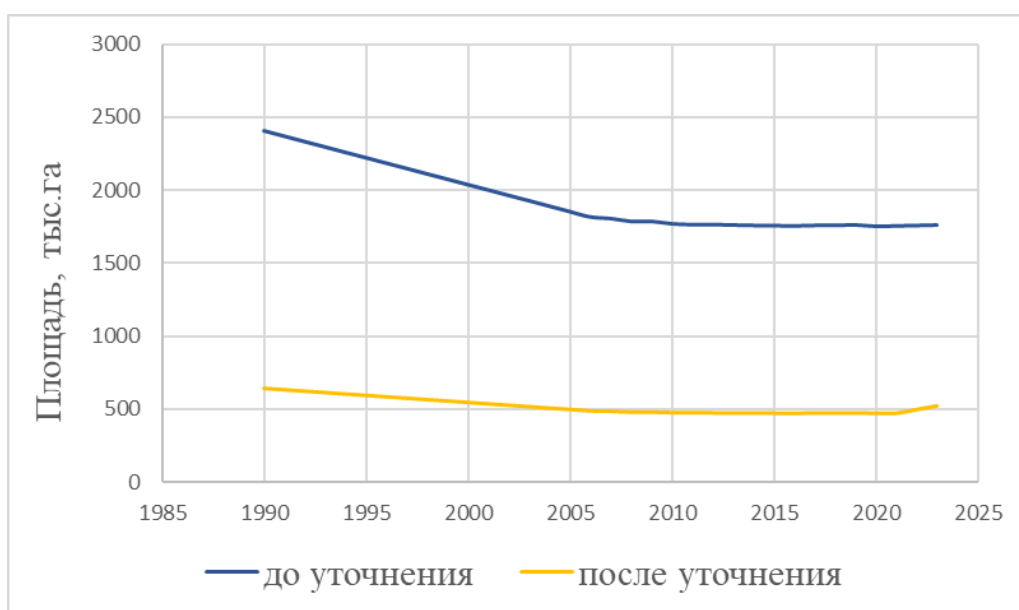


Рисунок 6.14 – Площадь осушаемых органогенных почв пастбищных земель.

В настоящем кадастре для оценки выброса CO₂ от органогенных почв кормовых угодий впервые применяется методика в соответствии с уровнем 1 и коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2014). Согласно рекомендациям, содержащимся в главе 2, раздел 2.2.1, выбросы CO₂ от осушенных почв происходят непосредственно на территории осушения (EF_CO₂_on-site) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO₂_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

- EF_CO₂_on-site (= 5,7 тонн C/га/год) – табл. 2.1, раздел 2.2.1.1, стр. 2.9-2.11 для луговых ценозов бореальной зоны;
- EF_CO₂_DOC (= 0,12 тонн C/га/год) – табл. 2.2, раздел 2.2.1.2, стр. 2.16 для бореальной зоны.

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен 5,82 тонн C/га/год, который и был использован в расчетах. Результаты расчета площадей органических почв и потерь углерода с них приведены в таблице 6.22 выше.

Выбросы N₂O с рассчитанной площади органогенных почв кормовых угодий представлены в отчетности сектора Сельского хозяйства, категория 3D1.6.

В кадастре оценены также выбросы CH₄ от осушенных органогенных почв кормовых угодий. При этом применены методика и рекомендуемые коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2014).

Расчеты выброса CH₄ проведены в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2014). Коэффициенты соответствуют:

- F_{rac_ditch} (= 0,05) – табл. 2.4, раздел 2.2.2.1, стр. 2.25 для луговых ценозов глубокого и мелкого осушения бореальной/умеренной зон;
- EF_land (= 1,4 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для луговых ценозов бореальной зоны;
- Предполагается, что 50% осушенных органогенных почв кормовых угодий находится в стадии мелкого осушения и 50% – глубокого осушения. Поэтому EF_ditch была рассчитана как среднее между двумя коэффициентами по умолчанию:
- EF_ditch (= 1165 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для пахотных земель и глубоко осушенных луговых ценозов бореальной/умеренной зон;
- EF_ditch (= 527 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для мелко осушенных луговых ценозов бореальной/умеренной зон;

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен 43,63 CH₄ кг/га/год, который и был использован в расчетах.

Результаты расчета выброса CH₄ от органогенных почв кормовых угодий приведены в таблице 6.22 выше. Для отчетности в таблицах ОТО выбросы CH₄ от осушенных земель кормовых угодий приведены в категории 4(II) «Выбросы и поглощение при осушении, обводнении и ином управлении» раздела 4С, в подкатегории «осушенные органогенные почвы».

Сжигание биомассы на сенокосах и пастбищах. Оценка прямых выбросов ПГ (CH₄, N₂O, CO, NO_x, NMVOC) от травяных пожаров проводили по формуле 6.35 (МГЭИК, 2006):

$$L_{\text{пожар}} = A M_B C_f G_{\text{ef}} 10^{-3} \quad (6.35)$$

где: L_{пожар} – количество выбросов ПГ от пожара; тонн каждого ПГ, например, CH₄, N₂O и т.д.;

A – выжигаемая площадь, га;

M_BC_f – произведение массы доступного для горения топлива и коэффициента сгорания = потребление топливной массы (мертвое органическое вещество плюс живая биомасса) при пожаре, тонн сухого вещества га⁻¹. Для расчетов использовано среднее значение 10,0 тонн га⁻¹ для пастбищ (таблица 2.4, МГЭИК, 2006);

G_{ef} – коэффициент выбросов; г/кг сжигаемого сухого вещества (таблица 2.5, МГЭИК, 2006). Коэффициент выбросов для оценки выброса неметановых углеводородов (NMVOC) при сжигании биомассы был взят из работы (Akagi et al., 2011).

Результаты расчетов выбросов парниковых газов от травяных пожаров приведены в таблице 6.23 выше.

6.3.3.1.1.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность статистических исходных данных по площадям земель сельскохозяйственного назначения составляет 5%.

Потери углерода на используемых органогенных почвах кормовых угодий определены с помощью коэффициентов выбросов по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2014). Также рассчитаны выбросы CH_4 от органогенных почв кормовых угодий в соответствии с дополнительным руководством МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2014). Неопределенность всех использованных параметров и коэффициентов приведена в соответствующих таблицах руководства: 2.1, 2.2, 2.3 и 2.5 из главы 2 (IPCC, 2014). Совокупная неопределенность расчетов по данным категориям в соответствии с уровнем 1 МГЭИК определена равной для выброса $CO_2 \pm 48,98\%$, для CH_4 от кормовых угодий соответственно $\pm 69,52\%$.

Неопределенность оценок выбросов CH_4 и N_2O от пожаров складывается из неопределенности оценок площадей пожаров $\pm 20\%$ и объединенной неопределенности коэффициентов выбросов и потребления топливной биомассы (для $CH_4 - \pm 108\%$, для $N_2O - \pm 112\%$).

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.3.1.1.4 Обеспечение и контроль качества

Для обеспечения и контроля качества данной подкатегории применялись общие процедуры Российского национального кадастра.

6.3.3.1.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В Кадастре 2024 года были проведены перерасчеты, связанные с уточнением площади осушенных органогенных почв. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.3.1.2 – Неуправляемые постоянные луговые угодья (раздел 4.C.1 ОТО)

Потоки ПГ от неуправляемых постоянных луговых угодий не выполнялись в связи с их естественным происхождением. Соответствующая таблица ОТО заполнена стандартным указателем «NA».

6.3.3.2 Земли, преобразованные в управляемые сенокосы и пастбища (раздел 4.C.2 ОТО)

6.3.3.2.1 Пахотные земли, преобразованные в сенокосы и пастбища

6.3.3.2.1.1 Пахотные земли, преобразованные в управляемые сенокосы и пастбища

После 1990 года в России происходило интенсивное сокращение площадей пахотных земель. Часть этих земель используется в качестве сенокосов и пастбищ. Очевидно, что подобная смена землепользования приводит к накоплению запасов углерода в живой биомассе, мертвом органическом веществе и в почве.

Результаты оценки изменений запасов углерода в пулах биомассы, мертвого органического вещества и органическом веществе минеральных почв приведены в таблице 6.25.

Таблица 6.25

Накопление углерода в биомассе, мертвом органическом веществе и органическом веществе минеральных почв пахотных земель, переведенных в управляемые кормовые угодья

| Годы | Площадь, тыс. га* | Накопление углерода по пулам, тыс. т С год ⁻¹ | | |
|------|-------------------|--|-----------|-------------------|
| | | Биомасса | Мортмасса | Минеральные почвы |
| 1990 | 1167,6 | 3356,6 | 345,6 | 113,4 |
| 1995 | 9937,5 | 5354,3 | 2941,5 | 5367,8 |
| 2000 | 23045,5 | 5611,3 | 6821,5 | 16260,0 |
| 2005 | 31848,0 | 5714,2 | 9427,0 | 24123,3 |
| 2010 | 30242,4 | 5568,6 | 8951,8 | 22821,4 |
| 2014 | 30127,2 | 2822,8 | 8917,7 | 19024,1 |
| 2015 | 30261,1 | 0,0 | 8957,3 | 18567,2 |
| 2016 | 29534,3 | 0,0 | 8742,2 | 18187,3 |
| 2017 | 29194,9 | 0,0 | 8641,7 | 16584,8 |
| 2018 | 30173,7 | 2448,5 | 8931,4 | 15900,9 |
| 2019 | 30443,0 | 516,2 | 9011,1 | 15177,4 |
| 2020 | 30296,5 | 0,0 | 8967,8 | 14672,9 |
| 2021 | 30246,2 | 0,0 | 8952,9 | 13574,8 |
| 2022 | 29453,7 | 0,0 | 8718,0 | 13337,7 |
| 2023 | 30131,6 | 2006,3 | 297,0 | 12786,6 |

**площади могут не совпадать с данными матрицы земель точно, т.к. в матрице приведены округленные значения*

6.3.3.2.1.2 – Пахотные земли, преобразованные в неуправляемые луговые угодья

Часть пахотных угодий была переведена в неуправляемые луговые угодья в результате естественного зарастания брошенных пахотных земель. По состоянию на 2023 г. площадь таких земель составила 5471,8 тыс. га в сумме с 1990 г. По рекомендации группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению кадастра 2023 г. были проведены оценки накопления углерода при переводе пахотных земель в неуправляемые луговые угодья. Методология оценки выбросов и накопления углерода аналогична, представленной в разделе 6.3.3.2.1 Пахотные земли, преобразованные в управляемые сенокосы и пастбища. Накопление почвами пахотных земель, переведенных в неуправляемые луговые угодья в 2023 г. оценены в 1820,3 тыс. тонн. С, мортмассой 461,1 тыс. тонн. С. Результаты оценки изменений запасов углерода в пулах биомассы, мертвого органического вещества и органическом веществе минеральных почв приведены в таблице 6.26.

6.3.3.2.1.3 Методология сбора данных и расчетов

По официальной статистической информации (Госкомстат, 1995а, 1998, 2000; Росстат, 2002; Росстат, 2005-2020; Роснедвижимость, 2007b, 2008b, 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014- 2022) оценена площадь земель, выведенных из сельскохозяйственного использования с 1990 по 2024 г. включительно, которая составляет 29,5 млн. га (рис. 6.15). При этом рассчитывали неиспользуемую посевную площадь, определяемую как разницу между данными по общей площади пашни и суммой культивируемых земель, т.е. посевов, пара и многолетних насаждений в целом по России и отдельно для каждого региона.

Значительные территории были переведены из пашни в сенокосы и пастбища в Центральном районе, в Северо-Западном округе, в Поволжье, в Уральском и Дальневосточном округах. Наименьшая удельная площадь брошенных пахотных угодий наблюдается в центрально-черноземном и южных районах РФ с благоприятными для сельского хозяйства климатическими и почвенными условиями.

Таблица 6.26

*Накопление углерода в биомассе и мортмассе земель, переведенных из пахотных в
неуправляемые кормовые угодья*

| Годы | Площадь, тыс. га* | Накопление запасов углерода по пулам, тыс. т С | | |
|------|----------------------|--|-----------|-------------------|
| | | Биомасса | Мортмасса | Минеральные почвы |
| 1990 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1995 | 1505,4 | 891,2 | 445,6 | 802,9 |
| 2000 | 3010,9 | 891,2 | 891,2 | 2364,3 |
| 2005 | 4516,3 | 891,2 | 1336,8 | 3355,3 |
| 2010 | 5471,8 | 0,0 | 1619,7 | 3929,0 |
| 2014 | 5471,8 | 0,0 | 1263,2 | 3567,8 |
| 2015 | 5471,8 | 0,0 | 1174,0 | 3303,1 |
| 2016 | 5471,8 | 0,0 | 1084,9 | 2966,9 |
| 2017 | 5471,8 | 0,0 | 995,8 | 2766,9 |
| 2018 | 5471,8 | 0,0 | 906,7 | 2580,4 |
| 2019 | 5471,8 | 0,0 | 817,6 | 2406,5 |
| 2020 | 5471,8 | 0,0 | 728,4 | 2244,3 |
| 2021 | 5471,8 | 0,0 | 639,3 | 2093,0 |
| 2022 | 5471,8 | 0,0 | 550,2 | 1951,9 |
| 2023 | 5471,8 | 0,0 | 461,1 | 1820,3 |

*площади могут не совпадать с данными матрицы земель точно, т.к. в матрице приведены округленные значения

В 2008 и 2009 гг. впервые за период с 1990 года часть переведенных угодий была вновь распахана. В 2011 году распашке подверглось около 808 тыс. га земель, переведенных в кормовые угодья. Еще меньшая площадь (266 тыс. га) была вновь распахана в 2013 году. В 2016 г. распахано 804,8 тыс. га. Очевидно, что для этого были использованы земли, на которых не успели полностью сформироваться луговые сообщества и пройти сильное задернение, т.е. заброшенных в течение не более 2-3 последних лет. Поэтому было условно принято, что на этих землях существенного изменения запасов углерода ни в живой биомассе, ни в почвах произойти не может и оценивать изменение запасов углерода на этих площадях в категории 4.В.2. Земли, переустроенные в пахотные земли, было бы некорректно. Оценка изменения запасов углерода на этих землях включены в категорию постоянно обрабатываемые пахотные земли (раздел 4.В.1 ОТО).

Изменения углерода в биомассе растений на пахотных землях, преобразованных в управляемые сенокосы и пастбища. В кадастре разработаны национальные коэффициенты и выполнена оценка изменения запаса углерода в биомассе пахотных земель, преобразованных в управляемые сенокосы и пастбища. Используемая методология соответствует Уровню 1 (МГЭИК, 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов биомассы надземной и подземной частей до и после конверсии. Период конверсии до достижения стационарного состояния резервуара углерода биомассы растений сенокосов и пастбищ принят равным 1 году (МГЭИК, 2006).

Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии приняты равными 4,2 т С/га.

Средние запасы углерода надземной и подземной биомассы кормовых угодий были определены по национальным данным экспериментального исследования запасов биомассы луговых ценозов в разных биоклиматических зонах России (Базилевич, 1993). В данной работе приводятся результаты исследования лугов бореальной зоны (16 ценозов) и суббореальной зоны (8 ценозов). Экспериментальные данные были усреднены по каждой из зон и определены их неопределенности (см. табл. 6.27). Для перевода количества сухого вещества биомассы в запасы углерода использован стандартный переводной коэффициент 0,45 (Левин, 1977).

*Средние запасы биомассы и мортмассы луговых ценозов Российской Федерации
(по данным Базилевич, 1993)*

| Показатель | Бореальная зона | Суббореальная зона | Среднее |
|---|-----------------|--------------------|------------------------------|
| Запасы общей биомассы, тонн сух.в-ва/га | 18,4 | 13,4 | 15,9 |
| Запасы углерода биомассы, тонн С/га | 8,28 | 6,03 | 7,16 |
| Неопределенность запаса углерода биомассы, $\pm\sigma$ % | $\pm 64,6$ | $\pm 54,4$ | $\pm 43,8$ |
| Запасы мортмассы, тонн сух.в-ва/га | 11,2 | 18,4 | 14,8 |
| Запасы углерода мортмассы, тонн С/га | 4,48 | 7,36 | 5,92 |
| Неопределенность запаса углерода мортмассы, $\pm\sigma$ % | $\pm 52,9$ | $\pm 63,2$ | $\pm 44,1$ |

В среднем при преобразовании пахотных земель в земли кормовых угодий в резервуаре биомассы ежегодно накапливается 2,9 тонн С/га/год. Эта величина была использована в расчетах.

С учетом того, что площади переведенных земель из пахотных в кормовые угодья в категории 4.С.2 ОТО являются кумулятивными с 1990 года, для расчетов изменений запасов углерода в биомассе были определены площади не старше 20 лет после их перевода. Результаты расчета приведены в таблице 6.25 выше.

Ежегодное изменение запасов углерода в мертвом органическом веществе на пахотных землях, преобразованных в управляемые сенокосы и пастбища. В кадастре разработаны национальные коэффициенты и выполнена оценка изменения запаса углерода в мортмассе пахотных земель, преобразованных в управляемые сенокосы и пастбища. Используемая методология соответствует Уровню 1 (МГЭИК, 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов надземной и подземной мортмассы до и после конверсии. Период конверсии до достижения стационарного состояния резервуара углерода мортмассы растений сенокосов и пастбищ принят равным 20 годам (МГЭИК, 2006).

Запасы углерода в резервуаре мортмассы до конверсии (на пахотных землях) приняты равными нулю. Конверсии подвергаются только площади, используемые ранее для выращивания однолетних культур, которые не приводят к формированию резервуара мортмассы.

Средние запасы углерода надземной и подземной мортмассы кормовых угодий были определены по национальным данным экспериментального исследования запасов мортмассы луговых ценозов в разных биоклиматических зонах России (Базилевич, 1993). В данной работе приводятся результаты исследования лугов бореальной зоны (16 ценозов) и суббореальной зоны (8 ценозов). Экспериментальные данные были усреднены по каждой из зон и определены их неопределенности (см. табл. 6.27). Для перевода количества сухого вещества мортмассы в запасы углерода использован стандартный переводной коэффициент 0,40 (стр. 6.40, глава 6, том 4 (МГЭИК, 2006)).

Учитывая принятый период конверсии, полученные коэффициенты по запасам углерода мортмассы до и после конверсии были разделены на 20. Таким образом, в среднем при преобразовании пахотных земель в земли кормовых угодий в резервуаре мортмассы ежегодно накапливается 0,296 тонн С/га/год. Эта величина была использована в расчетах.

С учетом того, что площади переведенных земель из пахотных в кормовые угодья в категории 4.С.2 ОТО являются кумулятивными с 1990 г., для расчетов изменений запасов углерода в биомассе были определены площади не старше 20 лет после их перевода. Результаты расчета приведены в таблице 6.25 выше.

Ежегодное изменение запасов углерода в минеральных почвах на пахотных землях, преобразованных в управляемые сенокосы и пастбища.

Минеральные почвы. Скорость и величина изменения запасов углерода в землях, переведенных из пахотных угодий, зависят от климатических параметров, типа растительности, физических и химических свойств почвы, которые в комплексе определяют величину поступления органических остатков в почвы и скорость их разложения. Поэтому для оценки запасов углерода целесообразно использовать метод математического моделирования, который позволяет учесть весь

комплекс воздействующих параметров. В ИГКЭ проведены расчеты изменения запасов почвенного углерода брошенных пахотных земель в России (Романовская, 2006, 2008), выполненных с помощью модели RothC (Coleman, Jenkinson, 1996; Jenkinson, 1990).

Для выполнения расчетов выполнены три последовательных этапа: 1. выбор модели, ее инициализация и получение предварительных результатов моделирования; 2. анализ полученных результатов и экспериментальных данных для уточнения входных данных и адаптации параметров модели к условиям брошенных пахотных земель; 3. апробация усовершенствованной модели расчете поглощения CO_2 почвами бывших пахотных земель России с 1990 по 2006 год и определение коэффициентов для использования в дальнейших расчетах (после 2006г.).

Для проведения расчетов поглощения CO_2 почвами земель, переведенных в кормовые угодья, была выбрана модель RothC (Coleman, Jenkinson, 1996). Эта модель пригодна для использования на территории России. В качестве исходных данных требуется сравнительно легко доступная информация по климату, почвам и растительности. Модель имеет удобное временное разрешение и позволяет рассчитывать содержание органического углерода ежемесячно.

Для проведения первого этапа моделирования территория России была подразделена на 40 регионов, для которых по данным литературы определены усредненные базовые почвенные и климатические характеристики и поступление органического вещества в почвы при зарастании (Романовская, 2006). Итоги этой работы выявили необходимость выполнения сравнительного анализа модельных расчетов и экспериментальных данных изменения запасов почвенного органического углерода брошенных пахотных земель в районах с максимальными и минимальными темпами накопления углерода, а также в районах, в которых получены не согласующиеся с соседними зонами результаты. Для верификации и адаптации модели было решено выполнить полевые исследования, в Московской области, Свердловской области и Ставропольском крае. Для более полного покрытия растительных и климатических зон также провести отбор почвенных проб в зоне северной тайги, поскольку в крайних северных регионах величина расхождения модельных расчетов и реальных величин может быть наибольшей. Эти полевые исследования были выполнены в 2005-2007 гг.

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют, что во всех исследованных регионах содержание углерода почв постепенно увеличивалось в ряду пашня – зарастающие угодья – сформированные сенокосы и пастбища. Однако для почв, брошенных около 5 лет назад и менее, получены самые высокие степени неопределенности оценок содержания углерода, которые свидетельствуют о возможности потерь почвенного углерода в этих землях по сравнению с пахотными почвами. После трех лет зарастания брошенных посевов многолетних трав на болотных низинных почвах Мурманской области в слое почвы 0-20 см накоплено 0,07% С от уровня пашни. В среднем для шести- и восьмилетних залежей этих почв содержание органического углерода увеличилось соответственно на 0,2% и 0,46% С. В Свердловской области в течение 16 лет зарастания содержание органического углерода чернозема оподзоленного увеличилось на 0,94% С ($15,2 \pm 1,7$ т С/га), а дерново-подзолистые суглинистые почвы накапливали в среднем $0,08 \pm 0,03$ % С/год ($1,40 \pm 0,46$ т С/(га/год)). В Московской области серые лесные почвы в среднем накопили около 0,5% С ($14,8 \pm 1,6$ т С/га) в течение 15ти лет; дерново-подзолистые суглинистые почвы – 0,3% С ($8,9 \pm 0,9$ т С/га) и дерново-подзолистые супесчаные – 0,6% С ($17,8 \pm 1,9$ т С/га) за этот период (Романовская, 2008).

В южных регионах (Ставропольский край) брошенные пахотные почвы характеризовались потерями органического углерода в течение первых 3-5 лет зарастания. Средние потери углерода за первые 4 года в пахотном горизонте составили около $2,2 \pm 1,2$ тонн С/га в год. По-видимому, значительные потери объясняются теплым климатом этих регионов, который способствует быстрой минерализации органического вещества, а также малой продуктивностью луговых биоценозов в степной зоне и сравнительно медленным развитием сукцессии на залежах этой зоны. После 4-летнего возраста к 12 годам зарастания почвы в среднем накопились $0,5 \pm 0,2$ %С, что соответствует около $11,0 \pm 5,3$ тонн С/га ($1,24 \pm 0,56$ тонн С/га в год). Черноземы характеризовались меньшими темпами накопления углерода после 4-х лет зарастания ($0,04 \pm 0,02$ % С в год) по сравнению с темно-каштановыми почвами – $0,08 \pm 0,02$ % С в год, в то время как, темпы потерь до возраста 4-х лет были очень близки: $0,10 \pm 0,035$ % С в год и $0,09 \pm 0,023$ % С соответственно (Романовская, 2008).

На основании анализа результатов первого этапа моделирования и данных полевых исследований на 80 пробных площадках 4-х регионов России были уточнены входные данные модели по запасам углерода исходных пахотных почв. Также проведена калибровка констант минерализации органического вещества, используемых в модели RothC, для ее адаптации к специфике скоростей микробных процессов в зарастающих землях. Полученные экспериментальные результаты по интенсивности дыхания образцов почв Луховского и Дмитровского районов Московской области свидетельствуют, что наблюдается тенденция увеличения величины минерализованного углерода почв по отношению к его общему пулу в течение зарастания брошенных пахотных угодий луговой растительностью. Разработаны калибровочные коэффициенты для зон смешанных и широколиственных лесов от 5 до 35 лет зарастания ($R^2 = 0,99$):

$$KK = 0,00008x^3 - 0,0057x^2 + 0,1397x + 0,4667, \quad (6.36)$$

где: KK – калибровочный коэффициент для константы минерализации органического вещества почв;

x – время зарастания, годы.

На примере исследования почв Мурманской области получен калибровочный коэффициент для условий северной тайги (понижение константы минерализации гумифицированного органического вещества почвы с четвертого года зарастания на 10%).

По результатам полевых исследований входные параметры модели RothC по ежегодному поступлению растительных остатков на зарастающих пахотных угодьях были изменены в целях получения максимально приближенных результатов модельных расчетов к экспериментальным данным. Моделирование продуктивности наземной биомассы на бывших пахотных землях Свердловской области и Ставропольского края верифицировано с экспериментальными данными. При моделировании продуктивности растительности в Московской и Свердловской областях (зоны смешанных и широколиственных лесов) получены сходные зависимости: в течение первых 5-6 лет зарастания происходит резкое нарастание продуктивности наземной биомассы, связанное с бурным развитием однолетних и корневищных растений, после 5-6-го года начинают формироваться сообщества длиннокорневищных и рыхлодерновинных злаков, и общая продуктивность трав снижается. В менее благоприятных условиях северной тайги (Мурманская область) и сухих степей (Ставропольский край) продуктивность растений нарастает практически линейно, постепенно достигая значений, характерных для луговых сообществ каждой зоны.

Для проведения расчета поглощения CO_2 почвами земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья, составлена карта геоинформационной системы (ГИС), имеющая три взаимосвязанных слоя: почвенная карта России, карта типов растительности и административная карта страны, и выявлено 1206 полигонов пахотных земель, каждый из которых характеризуется уникальным набором почвенных, растительных характеристик и областной принадлежности. Для всех полигонов заданы начальные параметры модели по среднемесячным погодным данным в течение всех лет периода с 1990 по 2006 гг. Начальный запас почвенного органического углерода определен по информации справочников и обзоров литературы и результатам собственных исследований. Ежегодную продуктивность растительности рассчитывали, как долю от максимально возможной продуктивности луговых сообществ в данной растительной зоне, полученную по данным литературы. Значение долей определяли для каждого года на основе полученных зависимостей. Распределение площадей брошенных пахотных земель по типам почв в каждом административном субъекте России было выполнено на основе соотношения площадей этих типов почв.

Результаты расчета с использованием откалиброванной модели RothC и на основании полученных входных параметров модели показывают, что в течение 90-х годов среднее накопление углерода почвами зарастающих угодий в России составляло около $1,08 \pm 0,45$ тонн C/га/год, а после 2000 года – $0,97 \pm 0,21$ тонн C/га в год. Постепенное снижение скорости удельной аккумуляции между 1990-ми годами и 2000-2006 гг. объясняется увеличением срока

зарастания, которое сопровождается уменьшением интенсивности нарастания запасов почвенного углерода и, соответственно, скорости поглощения атмосферного CO_2 (рис. 6.16). Распределение величин удельного накопления почвенного углерода на бывших пахотных землях по территории России показывает увеличение поглощения углерода от северных регионов к центральным, при переходе от зон северной и средней тайги к южной тайге и смешанным лесам (рис. 6.17). И затем снижение аккумуляции углерода и даже его потери при переходе к южным регионам и степной зоне. Это распределение в целом повторяет изменение продуктивности луговых сообществ, которая может считаться ведущим фактором, воздействующим на изменение запасов углерода земель, переводимых из пахотных в кормовые угодья. Максимальная продуктивность луговой растительности определена для зон южной тайги и смешанных лесов, а также в зоне луговых степей.

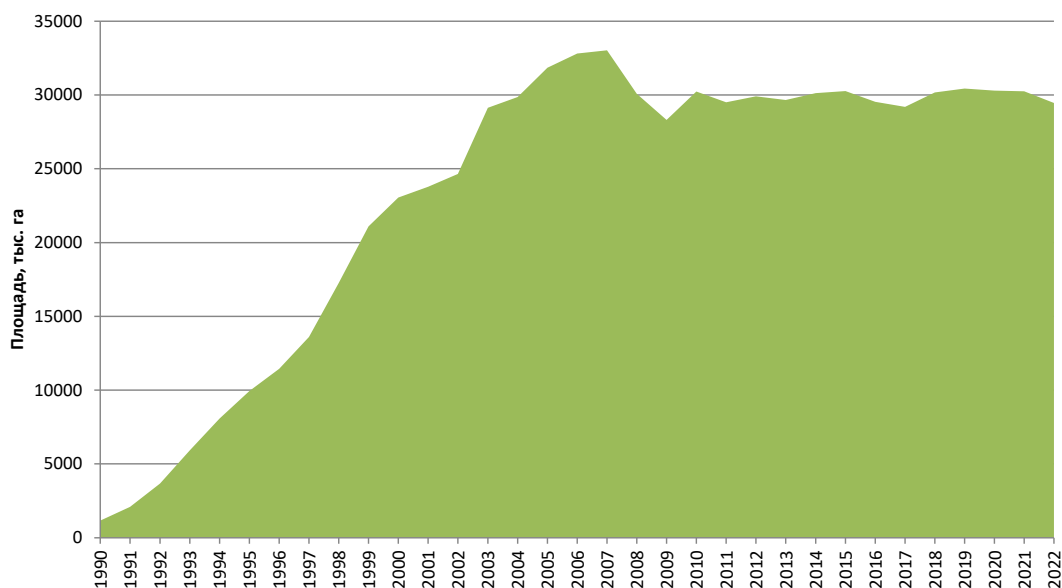


Рисунок 6.15 – Площади земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья

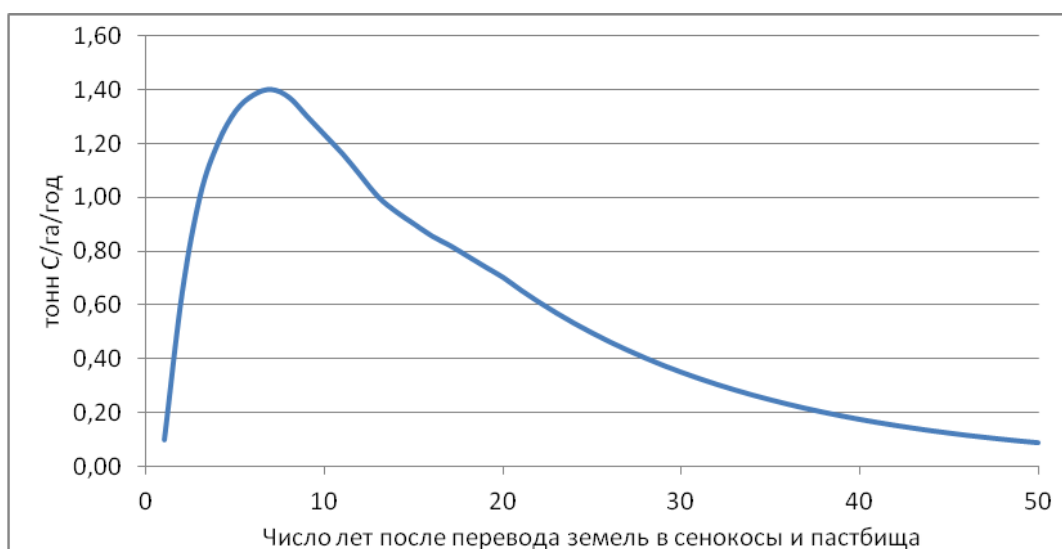


Рисунок 6.16 – Ежегодное поглощение углерода почвами земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья в течение периода 1990-2050

Используя проведенные модельные расчеты и полученные закономерности, можно оценить общее поглощение углерода на землях, переведенных из пахотных в кормовые угодья за период с 1990 по 2006 гг.

Для лет после 2006 года применен регрессионный анализ зависимости сокращения ежегодного накопления углерода зарастающими землями после пика его аккумуляции (в среднем на 6^{ой} год зарастания) (см. рис. 6.17). Нисходящая кривая, приведенная на рисунке 6.17, после 1996 года описывается следующим уравнением ($R^2=0,695$):

$$C_{\text{акк}} = 1,623 \cdot \text{EXP}^{(-0,07 \cdot t)}, \quad (6.37)$$

где: $C_{\text{акк}}$ – аккумуляция углерода почв, тонн С/га/год;

t – порядковое число лет после прохождения пика аккумуляции углерода (в среднем 6^{ой} год).

Таким образом, для 2007-2023 гг. расчеты ежегодного накопления углерода были выполнены в соответствии с уравнением 6.37. Результаты расчетов приведены в таблице 6.25 выше.

В настоящем кадастре для оценки изменений запасов углерода при конверсии пахотных земель в кормовые угодья применяется национальный период конверсии, в течение которого запасы углерода находятся в динамике, равный 50 годам (период по умолчанию – 20 лет). В приложении V.8 представлена таблица с общими изменениями запасов углерода пахотных земель, переведённых в луговые угодья за 50 лет переходного периода для каждого региона. Такой период подтверждается экспериментальными данными, свидетельствующими о направленных изменениях в содержаниях минеральных и органических соединений в верхних горизонтах почв (0-30 см) залежных земель до 50 и более лет после конверсии (Люри и др., 2010). Таким образом, площади залежных земель с возрастом 20 лет (выведенные из пользования в 1990 и 1991г.) также остаются в категории земель пахотных угодий, переведенных в кормовые угодья, а не рассматриваются с постоянными землями сенокосов и пастбищ. До 1990 г. в СССР наблюдалась тенденция постоянного увеличения пахотных угодий, поэтому залежи, выведенные из использования до 1990 г., в кадастре отсутствуют.

Сжигание биомассы на землях, преобразованных в сенокосы и пастбища. Учитывая, что статистические данные по площадям пожаров на лугах приводятся в целом по виду угодий, расчеты соответствующих выбросов приведены в разделе постоянных земель сенокосов и пастбищ (раздел 4.С.1 ОТО). Для лесных земель, преобразованных в сенокосы и пастбища в таблицах ОТО по контролируемому выжиганию использован стандартный указатель «NA», а для природных пожаров – «NO», так как такой вид конверсии (из лесных земель в кормовые угодья) в России в течение 1990-2023 не происходил.

6.3.3.2.1.4 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность статистических исходных данных по площадям земель сельскохозяйственного назначения оценивается не более $\pm 5\%$.

В кадастре выполнена оценка изменения запасов углерода биомассы и мортмассы при конверсии пахотных земель в кормовые угодья. Для этого использованы средние запасы углерода биомассы и мортмассы из (Базилевич, 1993). Соответствующие коэффициенты и их неопределенность приведены в таблице 6.27. Неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$). Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет $\pm 44,39\%$ и $\pm 44,63\%$ соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы бывших пахотных угодий (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

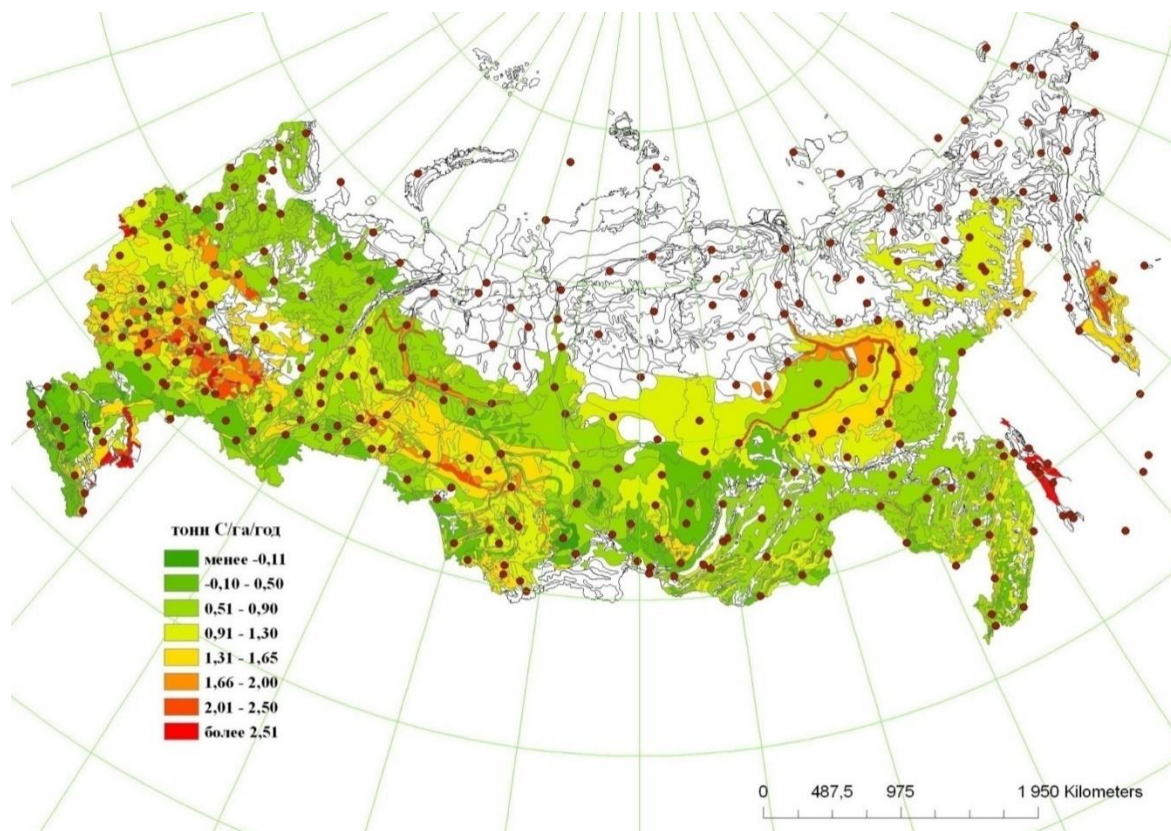


Рисунок 6.17 – Среднее изменение запасов органического углерода в почвах земель, переведенных изпахотные в кормовые угодья, за период после 2000г., тС/га в год (белый цвет соответствуют регионам, где нет пахотных земель; ● – сеть метеостанций)

Для оценки неопределенности результатов оценки поглощения CO₂ почвами земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья, были получены данные по отдельным полевым исследованиям органического вещества таких почв, выполненные в разных регионах страны (Романовская, 2008). Эти данные не использовались при калибровке модели и определении входных параметров и представляют собой материалы независимых исследований. Оценку неопределенности расчетов проводили методом сравнения экспериментальных данных и результатов моделирования по конкретным типам почв и регионам. Разницу этих двух оценок выражали в процентах. Результаты работы приведены в таблице 6.28. Ошибку суммы величин накопления углерода почвами залежных земель находили по формуле 6.37:

$$U_{\text{sum}} = \sqrt{(U_1 \cdot X_1)^2 + (U_2 \cdot X_2)^2 + \dots + (U_n \cdot X_n)^2} / (X_1 + X_2 + \dots + X_n) \quad (6.37)$$

где: U_{sum} – общая неопределенность суммы, %;

$U_1 \dots U_n$ – неопределенность отдельных слагаемых, %;

$x_1 \dots x_n$ – значения слагаемых.

Рассчитанная ошибка для суммы изменений запасов почвенного углерода бывших пахотных земель, приведенных в таблице 6.28, была принята равной ошибке определения общей величины накопления углерода в почвах этих земель в России. Таким образом, средняя ошибка оценки поглощения CO₂ на землях, переведенных из пахотных в кормовые угодья, оценивается в пределах $\pm 14,9\%$, что свидетельствует о высокой точности проведенных расчетов.

Потери углерода на используемых органомогенных почвах бывших пахотных земель, переведенных в кормовые угодья, определены с помощью коэффициентов выбросов по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013). Также рассчитаны выбросы CH₄ в соответствии с дополнительным руководством МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013). Неопределенность всех использованных параметров и коэффициентов приведена в соответствующих таблицах руководства: 2.1, 2.2, 2.3 и 2.5 из главы 2 (IPCC, 2013). Совокупная неопределенность расчетов по данным категориям в соответствии с уровнем 1 МГЭИК определена равной для выброса CO₂ $\pm 49,23\%$ и для CH₄ $\pm 69,70\%$.

Таблица 6.28

Оценка неопределенности оценки поглощения CO₂ почвами земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья (Романовская, 2008)

| Область и тип почвы | Возраст залежи, годы | Среднее накопление С, тонн С/га в год | | Ошибка расчетов | |
|--|----------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|-------|
| | | Экспериментальные данные | Модельные расчеты | тонн С/га | % |
| Ленинградская обл., дерново-подзолистая супесчаная | 19 | 0,52 | 0,62 | 0,10 | +18,3 |
| Владимирская обл., дерново-подзолистая супесчаная | 12 | 1,17 | 1,66 | 0,49 | +41,8 |
| Красноярский край, чернозем обыкновенный | 15 | 4,32 | 1,20 | 3,12 | -72,2 |
| Ростовская обл., чернозем обыкновенный | 11 | 1,30 | 1,01 | 0,29 | -22,3 |
| Ростовская обл., каштановая почва | 20 | 0,81 | 0,74 | 0,07 | -8,8 |
| | 25 | 0,85 | 0,99 | 0,15 | +17,6 |
| | | | 0,64 | 0,21 | -25,0 |
| Пензенская обл., чернозем выщелоченный | 35 | 1,37 | 0,60 | 0,77 | -56,2 |
| Волгоградская обл., каштановая почва | 15 | 0,42 | 0,52 | 0,10 | +22,8 |
| | | 0,36 | 0,25 | 0,11 | -31,6 |
| | | 0,13 | 0,25 | 0,12 | +89,3 |
| Бурятия, каштановые почвы | 12 | 0,90 | 0,71 | 0,17 | -20,7 |
| | | 1,10 | 1,76 | 0,66 | +60,0 |
| Ошибка суммы ±14,9 | | | | | |

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.3.2.1.5 Обеспечение и контроль качества

В соответствии с рекомендациями групп экспертов по рассмотрению кадастра, все планируемые и выполненные усовершенствования модели по оценке баланса углерода на почвах кормовых угодий докладываются и предварительно апробируются на научных конференциях и семинарах национального и международного характера, публикуются в рецензируемых изданиях. В частности, опубликованы статьи в рецензируемых изданиях (переводимых на английский язык) по оценке динамики углерода в почвах залежных земель (Романовская, 2006; Романовская и др., 2012).

6.3.3.2.1.6 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной подкатегории были выполнены перерасчеты, связанные с уточнениями матрицы земель. Выполнен перерасчет запасов углерода фитомассы, связанный с ошибкой в расчетах. В связи с пересмотром площадей осушенных органических почв выбросы от данной категории земель оцениваются в категории постоянные возделываемые земли, в виду отсутствия данных по распределению площадей осушенных земель. Для данной категории были уточнены периоды накопления углерода в мертвом органическом веществе.

6.3.3.2.2 – Прочие земли, преобразованные в неуправляемые луговые угодья

6.3.3.2.2.1 Характеристика подкатегории

В настоящем кадастре выполнены оценки изменений запасов углерода при конверсии прочих земель в луговые угодья в результате рекультивации. Несмотря на то, что земли переводятся в неуправляемые луговые угодья, данный вид конверсии не относится к природным явлениям и выполняется в результате прямого антропогенного воздействия, поэтому изменения запасов углерода были оценены и приведены в соответствующей таблице ОТО. Результаты оценки изменений запасов углерода представлены в таблице 6.29.

Таблица 6.29

Площади прочих земель, переустроенных в луговые угодья, и изменения запасов углерода на них

| Годы | Площадь, тыс. га | | Накопление углерода, тыс т С год ⁻¹ | | |
|-----------|------------------|---------------------|--|-----------|-------------------------------|
| | Кумулятивная | Ежегодное изменение | Органическое вещество почвы | Биомасса, | Мертвое органическое вещество |
| 1990-2009 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2010 | 7,8 | 7,8 | 691,8 | 56,0 | 46,3 |
| 2014 | 55,1 | 47,3 | 4177,9 | 338,1 | 279,8 |
| 2015 | 121,3 | 66,2 | 5852,1 | 473,6 | 391,9 |
| 2016 | 145,4 | 24,1 | 2129,9 | 172,4 | 142,6 |
| 2017 | 196,3 | 51,0 | 4505,7 | 364,7 | 301,7 |
| 2018 | 259,8 | 63,4 | 5608,3 | 453,9 | 375,5 |
| 2019 | 363,4 | 103,6 | 9162,6 | 741,5 | 613,5 |
| 2020 | 475,6 | 112,2 | 9921,4 | 803,0 | 664,4 |
| 2021 | 578,5 | 102,8 | 9089,9 | 735,7 | 608,7 |
| 2022 | 651,7 | 73,2 | 6475,8 | 524,1 | 433,6 |
| 2023 | 734,6 | 82,9 | 7328,8 | 593,1 | 490,8 |

6.3.3.2.2.2 Методология сбора данных и расчетов

Учитывая, что рекультивация нарушенных земель, как правило, проводится в течение одного года и выполняется путем насыпки привозного плодородного слоя почвы и посадки растений, было принято допущение, что период конверсии равен одному году.

Изменения запасов углерода в биомассе растений прочих земель, переустроенных в неуправляемые луговые угодья

Используемая методология соответствует Уровню 1 (МГЭИК, 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов биомассы надземной и подземной частей до и после конверсии.

Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии равны нулю. Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии определены в соответствии с данными таблицы 6.27. Поэтому было рассчитано накопление биомассы при конверсии прочих земель в луговые угодья. Результаты приведены в таблице 6.28 выше.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе прочих земель, переустроенных в неуправляемые луговые угодья

Запасы углерода в резервуаре мортмассы после конверсии определены в соответствии с данными таблицы 6.27.

Учитывая, что до конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует, было рассчитано накопление углерода в данном резервуаре. Результаты приведены в таблице 6.29 выше.

Изменения запасов углерода в почвах прочих земель, переустроенных в неуправляемые луговые угодья

Оценки изменения запасов углерода в почвах прочих земель, переустроенных в луговые угодья, выполнено в соответствии с методикой Уровня 1 (МГЭИК, 2006) по оценке разницы средних запасов углерода почв до и после конверсии.

Принято, что запасы углерода почв до конверсии были равны нулю, т.к. согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых гумусовый горизонт почв отсутствует (см. раздел 6.3.6.2.1). Прочие земли не включают органические почвы.

Конечный запас углерода почв неуправляемых луговых угодий после конверсии был определен по данным литературы. Так по данным (Честных и др., 2004) на исследованных луговых угодьях РФ авторами были определены следующие запасы органического углерода почв в слое 0-30 см: 93 ± 9 т С/га, 119 ± 14 , 77 ± 5 , 108 ± 10 и 156 ± 23 т С/га; в слое 0-50 см. эти запасы соответствовали: 127 ± 13 , 173 ± 28 , 105 ± 7 , 139 ± 14 и 205 ± 33 т С/га. В исследовании (Титлянова, Тесаржова, 1991) получены запасы почвенного углерода в слое 0-50 см: сухая степь 1 – 40,6 т С/га; сухая степь 2 – 53,2; настоящая степь 3 – 78,9; настоящая степь 4 – 36,5; луговая степь 5 – 134,6; луговая степь 6 – 136,9; остепненный луг 7 – 137,2; и мезофитный луг 8 – 190,1 т С/га. Используя среднее соотношение по запасам углерода в слоях 30 и 50 см верхнего горизонта почв, полученные по данным (Честных и др., 2004) (73,8%), можно рассчитать запасы органического углерода в слое 0-30 см, исследованных в (Титлянова, Тесаржова, 1991): 1 – 30,0; 2 – 39,3; 3 – 58,2; 4 – 27,0; 5 – 99,3; 6 – 101,0; 7 – 101,3 и 8 – 140,3 т С/га. На основании всех имеющихся данных было рассчитано среднее значение запасов углерода почв неуправляемых луговых угодий, которое равно $88,4 \pm 40,5$ т С/га. Эта величина была использована в качестве начального запаса углерода почв до конверсии.

Период конверсии принят равным одному году. Результаты расчета приведены в таблице 6.29 выше.

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества. Оценка выбросов N_2O от почв при конверсии прочих земель в земли луговых угодий не производилась, т.к. при минерализации почвенного органического вещества (т.е. потерь) при данной конверсии не происходит.

6.3.3.2.2.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

В кадастре выполнена оценка изменения запасов углерода биомассы и мортмассы при конверсии прочих земель в луговые угодья. Для этого использованы средние запасы углерода

биомассы и мортмассы из (Базилевич, 1993). Соответствующие коэффициенты и их неопределенность приведены в таблице 6.27. Площади переведенных прочих земель в кормовые угодья получены на основе составленной матрицы конверсии земель. Поэтому неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$). Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет $\pm 44,39\%$ и $\pm 44,63\%$ соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

Учитывая, что точность площадей переведенных земель оценивается в пределах $\pm 10\%$, допущение о нулевом запасе углерода почв прочих земель имеет неопределенность $\pm 20\%$, а средние запасы углерода луговых почв: $\pm 45,82\%$ (по данным экспериментальных работ, использованных для усреднения – см. выше), объединенная неопределенность накопления углерода почв при конверсии прочих земель в луговые угодья рассчитана равной $\pm 22,36\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.3.2.2.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.3.3.2.2.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В кадастре 2024 для данной категории впервые были проведены оценки выбросов и поглощения ПГ при переводе пахотных земель в неуправляемые луговые угодья.

К данной категории также следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.3.2.3– Водно-болотные угодья, преобразованные в неуправляемые луговые угодья

6.3.3.2.3.1 Характеристика подкатегории

В настоящем кадастре выполнены оценки изменений запасов углерода при конверсии земель водохранилищ в луговые угодья в результате спуска воды с затопленных территорий. Несмотря на то, что земли переводятся в неуправляемые луговые угодья, данный вид конверсии не относится к природным явлениям и выполняется в результате прямого антропогенного воздействия, поэтому изменения запасов углерода были оценены и приведены в соответствующей таблице ОТО.

По данным Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурс) соответствующие переводы зафиксированы только в 1990 и 1992 гг. в Республике Саха (Якутия). Площади спуска воды составили 1,51 и 0,35 тыс. га соответственно. В результате перевода земель накопление углерода в пуле биомассы и мертвого органического вещества оценено равным 0,072 и 0,017 тыс. тонн CO_2 .

6.3.3.2.3.2 Методология сбора данных и расчетов

Учитывая, что формирование луговой растительности и ее частичное отмирание (формирование мертвого органического вещества) могут происходить в течение одного сезона вегетации, было принято, что период конверсии равен одному году.

Изменения запасов углерода в биомассе растений затопленных земель, переустроенных в неуправляемые луговые угодья

Используемая методология соответствует Уровню 1 (МГЭИК, 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов биомассы надземной и подземной частей до и после конверсии.

Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии равны нулю. Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии определены в соответствии с данными таблицы 6.27. Поэтому было рассчитано накопление биомассы при конверсии затопленных земель в луговые угодья.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе затопленных земель, переустроенных в неуправляемые луговые угодья

Запасы углерода в резервуаре мортмассы после конверсии определены в соответствии с данными таблицы 6.27.

Учитывая, что до конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует, было рассчитано накопление углерода в данном резервуаре.

Изменения запасов углерода в почвах затопленных земель, переустроенных в неуправляемые луговые угодья

Учитывая, что методология МГЭИК (МГЭИК, 2006) не предоставляет данные по умолчанию для почв затопленных земель, принято, что изменений запасов углерода почв в результате спуска воды не происходило.

6.3.3.2.3.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

В кадастре выполнена оценка изменения запасов углерода биомассы и мортмассы при конверсии затопленных земель в луговые угодья. Для этого использованы средние запасы углерода биомассы и мортмассы из (Базилевич, 1993). Соответствующие коэффициенты и их неопределенность приведены в таблице 6.27. Площади переведенных затопленных земель в кормовые угодья получены на основе статистических данных Росводресурсов. Неопределенность оценки площадей принята равной $\pm 5\%$.

Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет $\pm 44,12\%$ и $\pm 44,36\%$ соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.3.2.3.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.3.3.2.3.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В кадастре 2024 года перерасчет для данной категории не проводилось. К данной категории также следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.4 Водно-болотные угодья (раздел 4.D ОТО)

6.3.4.1 Управляемые земли водно-болотных угодий (раздел 4.D.1 ОТО)

6.3.4.1.1 – Характеристика подкатегории

В кадастре выполнены оценки выбросов углекислого газа, CH_4 и N_2O от управляемых земель постоянных водно-болотных угодий (выбросы ПГ при торфоразработках). Результаты расчетов приведены в таблице 6.30.

Таблица 6.30

Площади торфоразработок и выбросы парниковых газов

| Годы | Площадь торфоразработок, тыс. га | | Выброс CO ₂ , тыс. т | Выброс CH ₄ , тыс. т | Выброс N ₂ O, тыс. т | Итого, тыс. т CO ₂ -экв. |
|------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| | Всего | В том числе действующих | | | | |
| 1990 | 316,6 | 316,6 | 3610,3 | 10,4 | 0,15 | 3941,5 |
| 1995 | 316,6 | 309,6 | 3610,3 | 10,4 | 0,15 | 3941,5 |
| 2000 | 316,6 | 261,0 | 3610,3 | 10,4 | 0,15 | 3941,5 |
| 2005 | 316,6 | 223,1 | 3610,3 | 10,4 | 0,15 | 3941,5 |
| 2010 | 342,0 | 320,0 | 3899,9 | 11,3 | 0,16 | 4257,7 |
| 2014 | 342,0 | 153,3 | 3899,9 | 11,3 | 0,16 | 4257,7 |
| 2015 | 342,0 | 165,5 | 3899,9 | 11,3 | 0,16 | 4257,7 |
| 2016 | 342,0 | 161,5 | 3899,9 | 11,3 | 0,16 | 4257,7 |
| 2017 | 342,0 | 151,1 | 3899,9 | 11,3 | 0,16 | 4257,7 |
| 2018 | 328,4 | 151,5 | 3744,5 | 10,8 | 0,15 | 4087,9 |
| 2019 | 328,4 | 32,6 | 3744,5 | 10,8 | 0,15 | 4087,9 |
| 2020 | 324,3 | 180,7 | 3697,9 | 10,7 | 0,15 | 4037,1 |
| 2021 | 325,2 | 180,7 | 3708,8 | 10,7 | 0,15 | 4049,0 |
| 2022 | 319,2 | 212,6 | 3639,5 | 10,5 | 0,15 | 3973,3 |
| 2023 | 320,2 | 212,6 | 3651,9 | 10,5 | 0,15 | 3986,9 |

Дополнительно выполнены расчеты выбросов углекислого газа и CH₄ от обводненных торфяников на основе данных, представленных Центром сохранения и восстановления болотных экосистем Института лесоведения РАН (Приложение V.7). Исходные данные и результаты расчетов приведены в таблице 6.31.

Таблица 6.31

Площади обводненных торфяников и выбросы парниковых газов

| Год | Варианты обводненных торфяников | Площадь, тыс. га | Выбросы CO ₂ , тыс. т | Выбросы CH ₄ , тыс. т | Выбросы CO ₂ (DOC), тыс. т | Итого, тыс. т CO ₂ -экв. |
|------|---------------------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 2019 | Обводнение | 9,717 | 17,81 | 2,8 | 8,55 | 104,72 |
| | Затопление | 3,917 | 14,65 | 0,33 | — | 23,94 |
| | Итого | 13,634 | 32,46 | 3,13 | 8,55 | 128,66 |
| 2020 | Обводнение | 13,577 | 24,89 | 3,91 | 11,95 | 146,32 |
| | Затопление | 4,137 | 15,47 | 0,35 | — | 25,28 |
| | Итого | 17,714 | 40,36 | 4,26 | 11,95 | 171,61 |
| 2021 | Обводнение | 13,377 | 24,52 | 3,85 | 11,77 | 144,17 |
| | Затопление | 3,382 | 12,65 | 0,29 | — | 20,67 |
| | Итого | 16,759 | 37,17 | 4,14 | 11,77 | 164,84 |
| 2022 | Обводнение | 16,146 | 29,60 | 4,65 | 14,21 | 174,01 |
| | Затопление | 3,685 | 13,78 | 0,31 | — | 22,52 |
| | Итого | 19,831 | 43,38 | 4,96 | 14,21 | 196,53 |
| 2023 | Обводнение | 17,268 | 31,66 | 4,97 | 15,20 | 186,10 |
| | Затопление | 4,483 | 16,77 | 0,38 | — | 27,40 |
| | Итого | 21,751 | 48,42 | 5,35 | 15,20 | 213,50 |

6.3.4.1.2 – Методология сбора данных и расчетов

Выбросы CO₂ от торфоразработок приведены в таблицах ОТО в подкатегории 4.D.1.1 Peat extraction.

Площади торфоразработок доступны только для 1990, 1996, 1998-2007 гг. (Роснедвижимость, 1990, 1996, 2008а; письмо Росреестра от 12.02.2013 № 18-исх/01105-НА/13). Согласно информации Росреестра, после 2008 года в соответствии с постановлением Правительства РФ от 01.06.2009 № 457 не предусмотрен сбор информации по площадям торфоразработок. Данные по площадям торфоразработок с 2009-2023гг. предоставлены Минэнерго России (Письмо № ПС-17680/11 от 29.11.2022 г.). Согласно имеющимся данным, для периода с 1990 г. по 2008 гг. площадь торфоразработок, включая действующие и выработанные месторождения, принята равной 316,6 тыс. га. С 2009 по 2023 гг., согласно данным Минэнерго России, общая площадь торфоразработок составила 325,2 тыс. га, включая действующие, выработанные и обводненные участки.

Выброс CO₂ рассчитывается в соответствии с методом Уровня 1 и коэффициентами, рекомендованными в дополнительном руководстве МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013).

Согласно рекомендациям, содержащимся в главе 2, раздел 2.2.1., выбросы CO₂ при торфоразработках происходят непосредственно на территории осушения (EF_CO₂_on-site) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO₂_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

- EF_CO₂_on-site = 2,8 т С/га/год – табл. 2.1, стр. 2.14 для торфоразработок в умеренной зоне;
- EF_CO₂_DOC = 0,31 т С/га/год – табл. 2.2, стр. 2.20 для торфоразработок в умеренной зоне

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен 3,11 тонн С/га/год, который и был использован в расчетах. Результаты расчета площадей торфоразработок и потерь углерода с них приведены в таблице 6.30.

Выбросы CO₂ от обводненных торфяников рассчитаны с использованием рекомендуемых в дополнительном руководстве МГЭИК (IPCC, 2013) коэффициентов эмиссии по умолчанию применительно к участкам с гидрофильной растительностью, для участков с водной поверхностью – коэффициенты эмиссии для затопленных земель согласно обновленному руководству МГЭИК (IPCC, 2019). Значения используемых для расчетов коэффициентов приведены в приложении V.7.

Выбросы N₂O при торфоразработках представлены в таблице 6.30 и приведены в таблицах ОТО в подкатегории «Торфоразработки» («Peat extraction») раздела «Выбросы и поглощение при осушении, обводнении и ином управлении» в подкатегории земель торфоразработок («Peat extraction Land»), осушенные органические почвы («Drained Organic Soils»). Используются те же исходные данные по площадям торфоразработок, как и при оценке выброса CO₂.

Применены методика и рекомендуемые коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013) для оценки выброса N₂O. Расчет выброса N₂O выполнен в соответствии с коэффициентом по умолчанию для торфоразработок бореальной и умеренной зон 0,3 кг N-N₂O/га/год, приведенном в таблице 2.5, раздел 2.2.2.2, стр. 2.28 -2.29 (IPCC, 2013). Результаты расчета приведены в таблице 6.30.

Выбросы CH₄ при торфоразработках оценены в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2013). Используются следующие коэффициенты:

- F_{rac_ditch} (= 0,05) – табл. 2.4, раздел 2.2.2.1, стр. 2.25 для торфоразработок бореальной/умеренной зон;
- EF_{land} (= 6,1 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для торфоразработок бореальной/умеренной зон;

- EF_ditch (= 542 CH_4 кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для торфопоразработок бореальной/умеренной зон.

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен 32,895 CH_4 кг/га/год, который и был использован в расчетах. Результаты расчета выброса CH_4 от торфопоразработок приведены в таблице 6.30. Для отчетности в таблицах ОТО выбросы CH_4 (как и N_2O) от торфопоразработок приведены в подкатегории «Торфопоразработки» («Peat extraction») раздела «Выбросы и поглощение при осушении, обводнении и ином управлении» в категории земель торфопоразработок («Peat extraction Land»), осушенные органические почвы («Drained Organic Soils»).

Выбросы CH_4 от обводненных торфяников применительно к участкам с гидрофильной растительностью рассчитаны с использованием рекомендуемых коэффициентов эмиссии по умолчанию согласно руководству МГЭИК (IPCC, 2013). Для участков с водной поверхностью использованы коэффициенты эмиссии для затопленных земель согласно руководству МГЭИК (IPCC, 2019). Значения используемых для расчетов коэффициентов приведены в приложении V.7.

6.3.4.1.3 – Неопределенность и согласованность временных рядов

В настоящем кадастре потери углерода, а также выбросы N_2O и CH_4 на управляемых водно-болотных угодьях при торфопоразработках определены с помощью коэффициентов выбросов по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013). Неопределенность всех использованных параметров и коэффициентов приведена в соответствующих таблицах руководства: 2.1, 2.2, 2.3 и 2.5 из главы 2 (IPCC, 2013). Площади торфопоразработок получены методом экстраполяции данных 2007 года, поэтому их неопределенность экспертно оценивается $\pm 50\%$. Совокупная неопределенность расчетов в соответствии с уровнем 1 МГЭИК определена равной для выброса CO_2 $\pm 72,95\%$, для CH_4 $\pm 94,45\%$ и для N_2O $\pm 79,39\%$. Таким образом, использование новых коэффициентов из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013) сократило неопределенность оценок выбросов CO_2 в 3,5 раза, а для выброса N_2O – в 2 раза, по сравнению с расчетами по методологии МГЭИК 2000 года.

Общая неопределенность расчетов по категории управляемых водно-болотных угодий составляет $\pm 67,9\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.4.1.4 – Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра. Методика и результаты оценок по данной категории были отражены в публикациях (Коротков, Романовская, 2014; Sirin et al., 2021; Sirin et al., 2022).

6.3.4.1.5 – Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной категории пересчеты не проводились. К данной категории относятся общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.4.2 Постоянные водные объекты и земли, переведенные в них (раздел 4.D.1.2 и 4.D.2.2 ОТО)

Учитывая, что запасы углерода на землях постоянных водных объектов не происходят, в соответствующих таблицах ОТО использован стандартный указатель «NO».

Площади земель, переведенных в водные объекты или выведенных из них, в настоящее время недоступны. Данные собираются. В настоящем кадастре соответствующие таблицы заполнены стандартным указателем «NE».

6.3.4.3 Неуправляемые постоянные водно-болотные угодья (раздел 4.D.1 ОТО)

Оценки потоков ПГ от неуправляемых постоянных водно-болотных угодий не выполнялись в связи с их естественным происхождением. Соответствующая таблица ОТО заполнена стандартным указателем «NA».

6.3.4.4 Земли, переведенные в водно-болотные угодья (раздел 4.D.2 ОТО)

6.3.4.4.1 – Земли, переведенные в водохранилища

6.3.4.4.1.1 Характеристика подкатегории

В кадастре представлена оценка потерь углерода при переводе земель в земли водно-болотных угодий (затопление земель в результате строительства водохранилищ). Результаты расчетов приведены в таблице 6.32.

Таблица 6.32

*Потери углерода при обводнении площадей при строительстве
и вводе в действие новых водохранилищ*

| Годы | Ежегодные обводненные площади при строительстве и вводе в действие новых водохранилищ, тыс. га | Потери углерода, тыс. т С |
|-----------|--|---------------------------|
| 1990 | 4,66 | 4,47 |
| 1995 | 2,93 | 1,12 |
| 2000 | 0,08 | 0,05 |
| 2005 | 9,73 | 9,74 |
| 2009 | 12,85 | 12,79 |
| 2010 | 0,00 | 0,00 |
| 2012 | 0,02 | 0,00 |
| 2013 | 1,07 | 0,54 |
| 2014 | 155,70 | 132,36 |
| 2015 | 1372,82 | 0,04 |
| 2016 | 0,05 | 0,05 |
| 2017 | 0,02 | 0,02 |
| 2018-2023 | 0,00 | 0,00 |

6.3.4.4.1.2 Методология сбора данных и расчетов

Оценка выбросов углерода при переводе земель в водно-болотные угодья основана на Руководящих принципах МГЭИК (МГЭИК, 2006), расчеты выполнены по уровню 1 и основаны на разнице запасов начальной и конечной категорий земель.

Были использованы исходные данные о площадях затопляемых земель с учетом начальной категории землепользования и рассчитаны потери углерода и выбросы CO₂ для следующих категорий перевода земель:

- Лесные земли;
- Сенокосы и пастбища;
- Пашни;
- Поселения;
- Водно-болотные угодья;
- Прочие земли.

Согласно справкам о переводе земель лесного фонда в земли иных категорий, по которым приняты распоряжения Правительства РФ, предоставленным Рослесхозом, перевод земель лесного фонда в земли водного фонда осуществлялся в 2008 и в 2011 гг.

Оценка полных потерь углерода выполнялась от пулов живой биомассы и дебриса (мертвого органического вещества). Потери углерода при переводе лесных земель выполнено на основе средних запасов надземной, подземной биомассы и дебриса по субъектам РФ (см. таблицу 6.42).

Принято, что при затоплении пашни и прочих земель потерь углерода не происходит, так как биомасса и дебрис до перевода на этих землях и после затопливания отсутствует.

Потери углерода при затопливании земель поселений рассчитаны только для пула живой биомассы, т.к. запас углерода в пуле мертвого органического вещества равен нулю (в поселениях этот пул практически не формируется в результате уборки клумб и газонов – см. раздел Постоянные земли поселений).

Коэффициенты по умолчанию для оценки изменений запасов углерода почв при их затопливании в Руководстве МГЭИК 2006 г. (глава 7, стр. 7.23) отсутствуют. Поэтому принимается, что углерод почв полностью консервируется при затоплении земель и его потерь не происходит.

6.3.4.4.1.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

В кадастре выполнена оценка неопределенности изменений запасов углерода при конверсии затоплении земель и переводе в земли водохранилищ. Площади затопленных земель получены на основе статистических данных с неопределенностью 5%.

Начальные запасы углерода в пулах живой биомассы и мертвого органического вещества лесных земель, пахотных земель, сенокосов и пастбищ, а также земель поселений приведены в соответствующих подразделах раздела 6. Конечные запасы углерода в этих пулах приняты равными нулю.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.4.4.1.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.3.4.4.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.4.4.2 Пахотные земли, переведенные в водно-болотные угодья

Изменения запасов углерода при заболачивании брошенных пахотных земель, оставленных торфоразработок и/или земель категории «Прочие земли» происходят без антропогенного участия и рассматриваются как естественный процесс, таким образом, эти категории в настоящем кадастре не оцениваются. Соответствующая таблица ОТО заполнена стандартным указателем «NA».

6.3.4.5 Пожары на землях водно-болотных угодий (раздел 4.V ОТО)

Выполнен анализ официальной статистической информации по пожарам на территории водно-болотных угодий в стране. Сопоставление доступных данных показало, что площади этих пожаров полностью включены в статистику торфяных и подземных пожаров в категории лесных земель (см. раздел 6.3.1). Поэтому в настоящем кадастре во избежание двойного учета соответствующие ячейки в таблице ОТО заполнены стандартным указателем «IE».

6.3.5.1 Земли поселений, остающиеся поселениями (раздел 4.Е.1 ОТО)

6.3.5.1.1 – Характеристика подкатегории

Изменения углерода в биомассе растений на постоянных землях поселений. Согласно собранной информации по особенностям строительства и управления землями поселений можно заключить, что изменений запасов углерода биомассы на постоянных землях поселений практически не происходит. Пул углерода живой биомассы большинства городских зеленых зон сосредоточен в однолетних растениях, годовая результирующая изменений по которому также близка нулю. Таким образом, в настоящем кадастре принимается, что изменения запасов углерода в живой биомассе постоянных земель поселений, расположенных под строениями, дорожными покрытиями, газонами и клумбами не происходит.

Анализ информации по способам управления зелеными зонами поселений показывает, что резервуар мертвого органического вещества на территории клумб, газонов, парков и городских лесов, как правило, отсутствует ввиду систематической уборки опада, отпада древесных растений и кошению травяного покрова. Таким образом, эта категория не оценивалась и в таблицах ОТО использованы стандартные указатели «NA».

Согласно собранной информации по особенностям строительства и управления землями поселений можно заключить, что изменений запасов углерода почв на постоянных землях поселений практически не происходит. При переустройстве земель других категорий в земли населенных пунктов изменение запасов углерода почв и живой биомассы происходят в течение одного года:

- при строительстве зданий или строений, а также при закладке асфальтового или иного дорожного покрытия происходит единовременное снятие почвенного профиля до грунтов. После этого изменения углерода в «запечатанных грунтах» не наблюдается (Герасимова и др., 2003).
- при устройстве газонов и клумб происходит насыпка плодородного слоя почвы привозным грунтом (Герасимова и др., 2003). При постоянной эксплуатации газонов и зеленых площадок в течение осенне-зимнего сезона происходит смыв плодородного слоя почвы, и наблюдаются потери углерода. Однако весной, с началом нового вегетационного периода и перед посевом и/или высадкой растений, производится досыпка привозного грунта, внесение минеральных и органических удобрений и т.п., что приводит к восстановлению запасов почвенного органического углерода.

Таким образом, в настоящем кадастре принимается, что изменения запасов углерода в почвах постоянных земель поселений, расположенных под строениями, дорожными покрытиями, газонами и клумбами не происходит. В соответствующих таблицах ОТО использован стандартный указатель «NO».

6.3.5.2 Земли, переустроенные в поселения (раздел 4.Е.2 ОТО)

6.3.5.2.1 – Лесные земли, переустроенные в поселения (раздел 4.Е.2 ОТО)

6.3.5.2.1.1 Характеристика подкатегории

Оценка изменений запасов углерода при обезлесении (переводе лесных земель в земли поселений) приведена ниже. В последние годы эта категория относится к ключевым категориям выбросов.

В России обезлесение связано с переводом лесных земель в нелесные или с изъятием земель из состава лесного фонда, поскольку эти виды конверсии земель сопровождаются сведением лесов. Перевод лесных земель в нелесные или их изъятие из состава лесного фонда, как правило, определяется нуждами развития иных, чем лесное хозяйство, отраслей экономики. Лесные земли могут переводиться в нелесные при строительстве объектов инфраструктуры (дорог, линий электропередач, трубопроводов), и таким образом соответствуют категории МГЭИК земли поселений. Источники данных о площадях обезлесения приведены в разделе 6.3.5.2.1.2 Методология.

Общие площади обезлесения сократились с 55,5 тыс. га в 1990 г. до 19,5 тыс. га в 2023 г. Результаты расчета потерь углерода при обезлесении показаны в таблице 6.34 и по регионам РФ за 2023 г. в приложении V.6. Начиная с 1990 г. по 2023 г. общая площадь обезлесения составила 788,9 тыс. га, а общий выброс углерода оценен в 300,9 млн. т CO₂, или в среднем 9,1 млн. т CO₂ год⁻¹.

Результаты оценки прямого и косвенного выбросов N_2O при минерализации почвенного органического вещества по лесным землям, переведенным в земли поселений, приведены в таблице 6.33.

Таблица 6.33

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на лесных землях, переустроенных в земли поселений, тыс. тонн N_2O

| Годы | Прямой выброс | Косвенный выброс | Всего |
|------|---------------|------------------|-------|
| 1990 | 1,7 | 0,4 | 2,1 |
| 1995 | 9,0 | 0,3 | 9,3 |
| 2000 | 8,7 | 0,2 | 8,9 |
| 2005 | 8,3 | 0,2 | 8,5 |
| 2010 | 0,4 | 0,1 | 0,5 |
| 2013 | 2,7 | 0,1 | 2,8 |
| 2014 | 0,4 | 0,1 | 0,5 |
| 2015 | 8,5 | 0,3 | 8,8 |
| 2016 | 1,4 | 0,1 | 1,5 |
| 2017 | 1,4 | 0,1 | 1,5 |
| 2018 | 1,7 | 0,1 | 1,9 |
| 2019 | 2,1 | 0,5 | 2,5 |
| 2020 | 0,9 | 0,1 | 0,9 |
| 2021 | 1,7 | 0,4 | 2,0 |
| 2022 | 0,9 | 0,2 | 1,1 |
| 2023 | 0,6 | 0,1 | 0,7 |

6.3.5.2.1.2 Методология

В связи с отсутствием специализированных статистических форм по обезлесению, по рекомендации международной группы экспертов по рассмотрению НДК (2010 г.) были собраны статистические данные о строительстве объектов инфраструктуры (газопроводы магистральные и отводы от них, нефтепроводы магистральные, нефтепродуктопроводы магистральные региональные, автомобильные дороги с твердым покрытием, междугородние кабельные линии связи, радиорелейные линии связи, скважины нефтяные и газовые, линии электропередачи). Оценка площади обезлесения в 2000-2023 гг. выполнена на основе региональных данных Росстата о строительстве объектов инфраструктуры, размещенных в Единой межведомственной информационно-статистической системе (ЕМИСС) в пункте 1.21.2. Ввод в действие производственных мощностей, объектов капитального строительства (по установленной номенклатуре) по адресу: <https://www.fedstat.ru/indicator/57700>. В качестве дополнительных источников данных об обезлесении были использованы справки о переводе земель лесного фонда в земли иных категорий, по которым приняты распоряжения Правительства РФ, предоставленные Рослесхозом. Таким образом, для оценки площадей обезлесения за период с 2008 по 2023 гг. использовались комбинированные данные двух ведомств (Росстата и Рослесхоза). Статистические данные Росстата используются для оценки площадей обезлесения при аренде лесных земель под виды деятельности, связанные со строительством объектов инфраструктуры (табл. 6.34). Данные Рослесхоза использовались для расчета площадей лесных земель, которые были переведены в земли промышленности, поселений и земли сельскохозяйственного назначения, и соответствуют категории «земли поселений», принятые в настоящем национальном докладе (табл. 6.36). Оценка площади обезлесения для периода с 1971 г. по 1999 г. была выполнена на основе статистических данных по России в целом (ЦСУ РСФСР, 1976, 1981, 1986, 1991; Госкомстат России, 1993, 2002). В таблице 6.35 приведены статистические данные по строительству объектов линейной инфраструктуры в 2023 г.

Таблица 6.34

Потери углерода при обезлесении в Российской Федерации

| Пулы | Потери углерода при обезлесении по годам, тыс. т С год ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2009 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Управляемые леса | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Надземная биомасса | 1465,2 | 892,0 | 733,2 | 596,3 | 629,0 | 590,9 | 479,3 | 1278,7 | 382,6 | 356,7 | 319,2 | 508,0 | 143,7 | 1574,1 | 504,4 | 352,9 |
| Подземная биомасса | 400,6 | 249,1 | 191,6 | 154,0 | 165,6 | 153,5 | 129,1 | 319,9 | 100,2 | 96,4 | 87,2 | 140,8 | 40,6 | 451,6 | 137,3 | 90,8 |
| Мертвая древесина | 369,0 | 226,2 | 190,3 | 157,6 | 164,8 | 155,8 | 128,1 | 362,4 | 102,5 | 95,7 | 84,0 | 134,1 | 35,1 | 332,3 | 122,4 | 93,0 |
| Подстилка | 330,0 | 209,7 | 155,9 | 139,0 | 146,0 | 124,0 | 89,8 | 315,5 | 78,0 | 86,2 | 86,8 | 135,3 | 30,8 | 201,4 | 98,8 | 68,2 |
| Почва с неполн.* | 357,6 | 338,9 | 298,1 | 284,3 | 273,3 | 264,6 | 129,8 | 125,4 | 118,8 | 112,6 | 107,6 | 103,5 | 98,2 | 98,6 | 97,0 | 93,9 |
| Почва с полн. | 788,6 | 527,0 | 401,4 | 304,7 | 295,9 | 221,5 | 123,9 | 935,8 | 211,8 | 378,9 | 340,8 | 626,0 | 113,7 | 999,2 | 549,4 | 312,5 |
| Управляемые кустарники | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Надземная биомасса | 16,6 | 12,1 | 1,6 | 0,9 | 1,3 | 0,8 | 1,7 | 1,2 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 3,1 | 1,5 | 8,7 | 9,5 | 1,1 |
| Подземная биомасса | 33,3 | 23,5 | 2,6 | 1,4 | 2,4 | 1,3 | 3,2 | 2,2 | 1,0 | 1,1 | 0,7 | 4,9 | 3,0 | 4,5 | 10,8 | 1,1 |
| Мертвая древесина | 10,8 | 7,6 | 0,9 | 0,5 | 0,8 | 0,4 | 1,1 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 1,6 | 1,0 | 1,3 | 3,5 | 0,4 |
| Подстилка | 9,5 | 7,6 | 0,9 | 0,6 | 1,0 | 0,5 | 1,4 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 3,2 | 1,1 | 6,3 | 4,6 | 1,1 |
| Почва с неполн.* | 29,8 | 31,8 | 30,3 | 28,8 | 27,5 | 26,4 | 9,6 | 8,3 | 7,1 | 6,1 | 5,1 | 4,4 | 4,5 | 5,0 | 5,8 | 5,9 |
| Почва с полн. | 82,5 | 67,5 | 7,6 | 4,7 | 10,3 | 4,7 | 8,2 | 10,5 | 7,5 | 8,3 | 6,9 | 79,6 | 6,1 | 104,8 | 30,3 | 9,9 |
| Неуправляемые леса | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Надземная биомасса | 393,3 | 288,8 | 248,0 | 194,7 | 203,0 | 210,6 | 88,7 | 181,8 | 63,1 | 58,4 | 53,9 | 114,4 | 26,3 | 422,8 | 139,9 | 90,2 |
| Подземная биомасса | 107,5 | 80,6 | 65,8 | 51,6 | 54,3 | 55,7 | 25,0 | 48,6 | 17,3 | 16,1 | 15,1 | 35,6 | 7,7 | 123,7 | 38,1 | 24,1 |
| Мертвая древесина | 99,0 | 73,2 | 63,7 | 50,5 | 52,4 | 55,8 | 22,9 | 44,2 | 16,0 | 14,8 | 13,4 | 27,6 | 6,4 | 86,1 | 32,6 | 23,1 |
| Подстилка | 88,6 | 67,9 | 45,7 | 38,0 | 38,3 | 38,1 | 15,3 | 36,0 | 11,8 | 11,2 | 11,1 | 31,6 | 6,3 | 52,6 | 25,2 | 18,0 |
| Почва с неполн.* | 141,3 | 126,8 | 106,6 | 100,3 | 95,1 | 91,3 | 39,7 | 37,2 | 34,6 | 31,9 | 29,6 | 27,7 | 25,7 | 25,7 | 24,9 | 23,7 |
| Почва с полн. | 211,7 | 170,6 | 126,5 | 89,5 | 82,1 | 62,7 | 43,1 | 144,8 | 38,4 | 63,4 | 56,6 | 232,5 | 31,5 | 277,2 | 190,5 | 87,6 |
| Неуправляемые кустарники | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Надземная биомасса | 6,8 | 5,0 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 1,8 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 1,9 | 0,2 | 2,9 | 0,8 | 0,3 |
| Подземная биомасса | 13,6 | 9,6 | 1,3 | 0,6 | 0,7 | 0,4 | 0,6 | 3,7 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 3,0 | 0,4 | 1,9 | 1,3 | 0,4 |
| Мертвая древесина | 4,4 | 3,1 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 1,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 1,0 | 0,1 | 0,6 | 0,5 | 0,1 |
| Подстилка | 3,9 | 3,1 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 2,1 | 0,2 | 2,2 | 0,9 | 0,5 |
| Почва с неполн.* | 12,2 | 13,0 | 12,4 | 11,8 | 11,3 | 10,8 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,1 | 1,6 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 1,7 |
| Почва с полн. | 33,7 | 27,7 | 3,5 | 1,6 | 2,0 | 1,3 | 3,6 | 14,0 | 2,0 | 2,6 | 2,5 | 54,5 | 1,7 | 31,3 | 10,7 | 3,2 |
| Итого по всем землям, покрытым лесной растительностью | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Биомасса | 2436,9 | 1560,8 | 1244,9 | 999,8 | 1056,7 | 1013,5 | 728,0 | 1837,9 | 565,4 | 530,0 | 476,8 | 811,9 | 223,5 | 2590,3 | 842,2 | 560,9 |
| Мертвая древесина | 483,2 | 310,1 | 255,3 | 208,7 | 218,2 | 212,2 | 152,2 | 408,6 | 119,0 | 111,0 | 97,7 | 164,4 | 42,6 | 420,3 | 159,0 | 116,6 |
| Подстилка | 431,9 | 288,4 | 202,9 | 177,9 | 185,6 | 162,9 | 106,8 | 352,9 | 90,9 | 98,0 | 98,6 | 172,2 | 38,4 | 262,4 | 129,6 | 87,7 |
| Почва с неполн. | 540,9 | 510,6 | 447,4 | 425,3 | 407,2 | 393,0 | 182,6 | 173,9 | 163,0 | 152,6 | 144,0 | 137,0 | 129,8 | 130,9 | 129,3 | 125,2 |
| Почва с полн.* | 1116,6 | 792,9 | 539,0 | 400,5 | 390,3 | 290,2 | 178,8 | 1105,0 | 259,7 | 453,1 | 406,8 | 992,6 | 153,0 | 1412,6 | 781,0 | 413,2 |
| Все пулы | 5009,5 | 3462,9 | 2689,3 | 2212,3 | 2258,0 | 2071,8 | 1348,4 | 3878,4 | 1198,0 | 1344,8 | 1223,9 | 2277,9 | 587,4 | 4816,4 | 2041,0 | 1303,5 |

*включены потери углерода в органическом веществе почвы при неполном его окислении в течение 20-летнего периода

Таблица 6.35

Ввод в действие мощностей за отчетный год (2023)

| Субъект РФ | Газопроводы магистральные и отводы от них, км | Нефтепроводы магистральные, км | Нефтепродуктопроводы магистральные региональные, км | Автомобильные дороги с твердым покрытием, км | Междугородние кабельные линии связи, км | Радiorелейные линии связи, км | Скважины нефтяные - всего, ед | Скважины газовые, ед | Линии электропередачи напряжением 35кВ и выше, км | Линии электропередачи для электрификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, км | Линии электропередачи для электрификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, км |
|----------------------|---|--------------------------------|---|--|---|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|---|--|---|
| Белгородская область | - | - | - | 23,6 | - | - | - | - | 3,1 | - | - |
| Брянская область | - | 3,7 | - | 21,9 | - | - | - | - | 0,6 | - | - |
| Владимирская область | - | - | - | 88,4 | 0,4 | - | - | - | 0,2 | - | - |
| Воронежская область | - | - | - | 6,8 | - | - | - | - | - | - | 1,6 |
| Ивановская область | - | - | - | 14,7 | - | - | - | - | - | - | - |
| Калужская область | 1,0 | - | - | 12,3 | - | - | - | - | 3,1 | - | - |
| Костромская область | 57,1 | - | - | 0,4 | - | - | - | - | - | - | - |
| Курская область | - | - | - | 37,3 | - | - | - | - | 0,2 | 92,9 | 148,8 |
| Липецкая область | - | - | - | 8,7 | - | - | - | - | 26,5 | - | - |
| Московская область | 1,5 | - | - | 43,5 | - | 10,1 | - | - | 6,6 | - | 0,0 |
| Орловская область | - | 1,1 | - | - | - | - | - | - | 39,2 | 5,9 | 0,9 |
| Рязанская область | - | - | - | - | - | - | - | - | 12,1 | - | - |
| Смоленская область | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,6 | 50,5 | 198,0 |

Продолжение таблицы 6.35

| Субъект РФ | Газопроводы магистральные и от- воды от них, км | Нефтепроводы магистральные, км | Нефтепродуктопроводы магистраль- ные региональные, км | Автомобильные дороги с твердым покрытием, км | Междугородние кабельные линии связи, км | Радиорелейные линии связи, км | Скважины нефтяные - всего, ед | Скважины газовые, ед | Линии электропередачи напряже- нием 35кВ и выше, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, км |
|--|--|--------------------------------|--|---|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|---|
| Тамбовская область | - | - | - | 7,2 | - | - | - | - | - | - | - |
| Тверская об- ласть | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Тульская об- ласть | - | - | - | - | - | - | - | - | 6,8 | - | - |
| Ярославская область | - | - | - | 0,4 | - | - | - | - | - | 24,0 | 129,7 |
| Республика Карелия | - | - | - | 24,8 | - | - | - | - | - | - | - |
| Республика Коми | - | 13,6 | - | 2,5 | - | - | 24 | - | 289,5 | - | - |
| Архангель- ская область (без Ненец- кого автоном- ного округа) | - | 1,9 | - | 3,7 | - | - | - | - | - | - | - |
| Вологодская область | - | - | - | 3,9 | - | - | - | - | - | - | - |
| Калининград- ская область | - | - | - | 7,5 | - | - | - | - | - | - | - |

Продолжение таблицы 6.35

| Субъект РФ | Газопроводы магистральные и от- воды от них, км | Нефтепроводы магистральные, км | Нефтепродуктопроводы магистраль- ные региональные, км | Автомобильные дороги с твердым покрытием, км | Междугородные кабельные линии связи, км | Радиорелейные линии связи, км | Скважины нефтяные - всего, ед | Скважины газовые, ед | Линии электропередачи напряже- нием 35кВ и выше, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, км |
|-----------------------------------|--|--------------------------------|--|---|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|---|
| Ленинград- ская область | - | - | - | 42,9 | - | - | - | - | 34,2 | - | - |
| Мурманская область | - | - | - | 4,4 | - | 3,2 | - | - | 26,2 | - | - |
| Новгородская область | - | - | - | 0,2 | - | - | - | - | 8,7 | - | - |
| Псковская об- ласть | - | - | - | 20,9 | - | - | - | - | - | 47,2 | 41,7 |
| Ненецкий ав- тономный округ | - | - | - | 7,4 | - | - | - | - | - | - | - |
| Республика Адыгея | - | - | - | 7,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| Республика Калмыкия | 29,0 | - | - | 2,9 | - | - | - | - | - | 41,5 | 1,0 |
| Республика Крым | - | - | - | 3,3 | - | - | - | - | - | - | - |
| Краснодар- ский край | 2,4 | - | - | 22,0 | - | 4289,4 | 1 | - | 26,7 | - | - |
| Астраханская область | - | - | - | 1,0 | - | 159,4 | - | - | - | - | - |

Продолжение таблицы 6.35

| Субъект РФ | Газопроводы магистральные и от- воды от них, км | Нефтепроводы магистральные, км | Нефтепродуктопроводы магистраль- ные региональные, км | Автомобильные дороги с твердым покрытием, км | Междугородные кабельные линии связи, км | Радiorелейные линии связи, км | Скважины нефтяные - всего, ед | Скважины газовые, ед | Линии электропередачи напряже- нием 35кВ и выше, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, км |
|--|--|--------------------------------|--|---|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|---|
| Волгоград- ская область | - | - | - | 8,7 | - | 551,2 | 4 | - | 17,6 | 37,0 | 48,2 |
| Ростовская область | - | - | - | 59,0 | - | 365,3 | - | - | 0,01 | - | - |
| Республика Дагестан | 16,9 | - | - | 30,6 | 0,9 | 318,8 | - | - | - | - | - |
| Республика Ингушетия | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Кабардино- Балкарская Республика | - | - | - | 3,9 | - | 13,2 | - | - | - | - | - |
| Карачаево- Черкесская Республика | - | - | - | 2,6 | - | - | - | - | - | - | - |
| Республика Северная Осетия — Алания | - | - | - | - | - | 53,1 | - | - | - | - | - |
| Чеченская Республика | - | - | - | - | - | 146,0 | - | - | - | - | - |
| Ставрополь- ский край | - | - | - | 4,9 | - | 1062,5 | - | - | 19,5 | - | - |

Продолжение таблицы 6.35

| Субъект РФ | Газопроводы магистральные и от- воды от них, км | Нефтепроводы магистральные, км | Нефтепродуктопроводы магистраль- ные региональные, км | Автомобильные дороги с твердым покрытием, км | Междугородние кабельные линии связи, км | Радиорелейные линии связи, км | Скважины нефтяные - всего, ед | Скважины газовые, ед | Линии электропередачи напряже- нием 35кВ и выше, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, км |
|----------------------------|--|--------------------------------|--|---|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|---|
| Республика Башкортостан | - | - | - | 41,2 | 1,7 | - | 5 | - | 86,6 | - | - |
| Республика Марий Эл | - | - | - | 3,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| Республика Мордовия | - | - | - | 18,4 | - | - | - | - | 0,8 | - | - |
| Республика Татарстан | - | 4,1 | - | 238,7 | - | 67,4 | 1222 | - | - | 77,5 | 231,6 |
| Удмуртская Республика | - | 23,5 | - | 1,0 | - | - | 93 | - | - | - | 0,5 |
| Чувашская Республика | - | - | - | 20,8 | - | - | - | - | - | 2,7 | - |
| Кировская область | - | - | - | 1,2 | - | - | - | - | 16,5 | - | - |
| Нижегород- ская область | - | - | - | 12,5 | - | 45,6 | - | - | - | - | - |
| Оренбургская область | 0,8 | - | - | 3,1 | - | - | 155 | 3 | - | 116,3 | 12,1 |
| Пензенская область | - | - | - | 8,9 | - | - | - | - | 1,1 | - | - |
| Пермский край | - | - | - | 25,2 | - | 6,7 | 140 | - | 22,1 | - | - |

Продолжение таблицы 6.35

| Субъект РФ | Газопроводы магистральные и от- воды от них, км | Нефтепроводы магистральные, км | Нефтепродуктопроводы магистраль- ные региональные, км | Автомобильные дороги с твердым покрытием, км | Междугородние кабельные линии связи, км | Радиорелейные линии связи, км | Скважины нефтяные - всего, ед | Скважины газовые, ед | Линии электропередачи напряже- нием 35кВ и выше, км | Линии электропередачи для элект- трификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, км | Линии электропередачи для элект- трификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, км |
|---|--|--------------------------------|--|---|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|---|--|
| Самарская область | - | 0,3 | - | 33,6 | - | - | 235 | - | 7,5 | - | - |
| Саратовская область | - | - | - | 24,9 | - | - | 2 | - | 1,8 | - | - |
| Ульяновская область | - | - | - | 1,6 | - | - | - | - | - | - | - |
| Курганская область | - | - | - | 6,4 | - | - | - | - | - | - | - |
| Свердловская область | - | - | - | 30,4 | - | - | - | - | 104,6 | - | - |
| Тюменская область (без автономных округов) | - | - | - | 38,1 | - | - | 116 | - | 14,9 | - | - |
| Челябинская область | - | - | - | 2,9 | - | - | - | - | 6,2 | - | - |
| Ханты-Ман- сийский авто- номный округ — Югра | 0,3 | 1,6 | - | 468,0 | - | - | 4360 | - | 295,7 | - | - |

Продолжение таблицы 6.35

| Субъект РФ | Газопроводы магистральные и от- воды от них, км | Нефтепроводы магистральные, км | Нефтепродуктопроводы магистраль- ные региональные, км | Автомобильные дороги с твердым покрытием, км | Междугородние кабельные линии связи, км | Радиорелейные линии связи, км | Скважины нефтяные - всего, ед | Скважины газовые, ед | Линии электропередачи напряже- нием 35кВ и выше, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, км |
|---|--|--------------------------------|--|---|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|---|
| Ямало-Не- нецкий авто- номный округ | 121,9 | 1,2 | - | 249,2 | - | - | 367 | 41 | 71,6 | - | - |
| Республика Алтай | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Республика Бурятия | - | - | - | 10,9 | - | - | - | - | 244,0 | - | - |
| Республика Тыва | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Республика Хакасия | - | - | - | 12,4 | - | - | - | - | 0,5 | 7,7 | 6,6 |
| Алтайский край | - | - | - | 33,9 | - | - | - | - | - | 68,3 | 59,1 |
| Забайкаль- ский край | - | - | - | 1,6 | - | - | - | - | - | 102,8 | - |
| Красноярский край | - | - | - | 55,9 | - | - | 201 | 7 | 634,3 | - | - |
| Иркутская об- ласть | 105,4 | - | 16,8 | 16,1 | - | - | 50 | 10 | 17,0 | - | - |
| Кемеровская область | - | - | - | 22,3 | - | - | - | - | 101,8 | - | - |

Продолжение таблицы 6.35

| Субъект РФ | Газопроводы магистральные и от- воды от них, км | Нефтепроводы магистральные, км | Нефтепродуктопроводы магистраль- ные региональные, км | Автомобильные дороги с твердым покрытием, км | Междугородние кабельные линии связи, км | Радиорелейные линии связи, км | Скважины нефтяные - всего, ед | Скважины газовые, ед | Линии электропередачи напряже- нием 35кВ и выше, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, км |
|-----------------------------|--|--------------------------------|--|---|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|---|
| Новосибир- ская область | 0,5 | - | - | 18,2 | - | - | - | - | 0,3 | 95,5 | 173,1 |
| Омская об- ласть | - | - | - | 7,2 | - | - | - | - | - | - | - |
| Томская об- ласть | - | 0,5 | - | - | - | - | 40 | - | - | - | - |
| Республика Саха (Якутия) | - | 12,0 | - | 24,8 | - | - | 127 | - | 75,8 | - | - |
| Камчатский край | - | - | - | 5,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| Приморский край | - | - | - | 35,1 | - | - | - | - | 12,3 | 3,0 | - |
| Хабаровский край | - | 2,8 | - | 0,3 | - | - | - | - | 0,1 | - | - |
| Амурская об- ласть | - | - | - | 57,7 | - | - | - | - | 758,3 | - | - |
| Магаданская область | - | - | - | - | - | - | - | - | 14,3 | - | - |
| Сахалинская область | 9,8 | 40,8 | - | 4,7 | - | - | 1 | - | - | - | - |

Продолжение таблицы 6.35

| Субъект РФ | Газопроводы магистральные и от- воды от них, км | Нефтепроводы магистральные, км | Нефтепродуктопроводы магистраль- ные региональные, км | Автомобильные дороги с твердым покрытием, км | Междугородние кабельные линии связи, км | Радiorелейные линии связи, км | Скважины нефтяные - всего, ед | Скважины газовые, ед | Линии электропередачи напряже- нием 35кВ и выше, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, км | Линии электропередачи для элект- рификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, км |
|--|--|--------------------------------|--|---|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|---|
| Еврейская ав- тономная об- ласть | - | 14,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Чукотский ав- тономный округ | - | - | - | 45,0 | - | - | - | - | 490,6 | - | - |

Для оценки площади, отводимой под объекты инфраструктуры, были использованы существующие нормы отвода земель согласно строительным нормам и правилам, утвержденным в РФ (табл. 6.37). При этом рассматривали два варианта: полное изъятие почвенного покрова при отведении земель под твердое покрытие (насыпи, асфальтовое покрытие) и сохранение почвенного покрова под открытыми территориями.

При строительстве линейных объектов, как правило, производится отвод территории с учетом устройства боковых полос, на которых сохраняется почвенный покров и мохово-растительный слой. При этом древесная и кустарниковая растительность удаляется с боковых полос полностью в течение всего времени эксплуатации объекта.

При строительстве авто и железных дорог производится сооружение насыпей, на которых прокладываются железнодорожные пути и/или наносится асфальтобетонное покрытие. Согласно строительным нормам под основанием насыпи (с учетом откосных частей) выполняется полная выемка грунта или его консервация под телом насыпи. Эта территория учитывалась как площадь отвода с полным уничтожением почвенного покрова

6.3.5 Земли поселений (раздел 4.Е ОТО)

Для оценки площади обезлесения площади, отведенные под строительство объектов инфраструктуры, умножались на лесистость территории. Лесистость оценена для каждого региона по данным Рослесхоза из базы данных Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) (fedstat.ru) и учитывает соотношение площади покрытых лесом земель к общей площади региона. В качестве примера, в таблице 6.38 приведены значения лесистости по регионам страны для некоторых лет периода 2000-2023. Для периода с 1990 по 1999 гг. использованы данные о лесистости территории в целом по стране, которая составляла 45,22% в 1990, 45,27% – в 1995 и 45,32% – в 1999 гг.

Таблица 6.36

Перевод земель лесного фонда в земли промышленности и иного специального назначения, по которым приняты распоряжения Правительства Российской Федерации в 2023 году

| Субъект Российской Федерации | Площадь перевода земель лесного фонда в земли промышленности и иного специального назначения, га |
|------------------------------|--|
| Республика Карелия | 8,4392 |
| Республика Крым | 15 |
| Архангельская область | 48,4974 |
| Костромская область | 0,057 |
| Кировская область | 0,2774 |
| Ленинградская область | 122,668 |
| Рязанская область | 3315,5296 |
| Тверская область | 4,8841 |
| Челябинская область | 157,91 |

Учитывая, что период конверсии пула углерода почвы принят равным по умолчанию 20 годам (МГЭИК, 2006), было необходимо оценить также площади обезлесения для периода 1971-1989 гг. Для этого использованы доступные ежегодные статистические данные Госкомстата СССР по протяженности автомобильных дорог с твердым покрытием, длине железнодорожных путей, протяженности магистральных нефтепроводов и протяженности газопроводов с 1970 по 1989 гг. для территории РСФСР (Госкомстат РСФСР, 1976, 1981, 1986, 1991). Разница в протяженности этих объектов инфраструктуры по сравнению с предыдущим годом позволила определить строительство новых объектов в км для каждого года в течение периода 1971-1989 гг. По нормам, приведенным в таблице 6.37, были определены площади отвода земель под их строительство.

Полученные данные за 1971-1989 гг. являются неполными и не включают информацию по строительству других видов линейных и нелинейных объектов инфраструктуры (нефтепродуктопроводы магистральные региональные, взлетно-посадочные полосы, междугородные кабельные линии связи, радиорелейные линии связи, скважины нефтяные и газовые, а также линии электропередач). Поэтому для полной оценки площадей обезлесения за данный период была выполнена коррекция имеющихся данных. Для этого были рассчитаны доли суммарного вклада отводимых земель под авто и железнодорожные дороги, газо- и нефтепроводы в общие величины площадей отвода (для вариантов с полной потерей органического вещества почв и его частичным окислением) за период с 2000 по 2023 гг. (см. табл. 6.39. Средние доли с полной потерей органического вещества почв и частичной потерей составили 82 и 18,0% соответственно. Полученные величины были использованы для оценки суммарных площадей отвода земель под строительство объектов инфраструктуры в России в течение периода с 1971 по 1989 гг. для обоих рассмотренных вариантов.

Таблица 6.37

Средние нормы отвода земель при строительстве объектов инфраструктуры в Российской Федерации

| Категории объектов и единицы измерений | Величина отвода | | Ссылка |
|---|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| | с сохранением почвенного покрова | с полным изъятием почвенного покрова | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Газопроводы магистральные и отводы от них, м | 32 | 0 | СН 452-73 |
| Новые железнодорожные линии, м | 40,3 | 11,7 | СНиП 32-01-95 |
| Вторые пути, м | 4 | 0 | ОСН 3.02.01-97 |
| Взлетно-посадочные полосы с твердым покрытием, га | 0 | 1 | |
| Нефтепроводы магистральные, м | 32 | 0 | СН 452-73 |
| Нефтепродуктопроводы магистральные региональные, м | 32 | 0 | СН 452-73 |
| Автомобильные дороги с твердым покрытием, м | 33 | 17 | СНиП 2.05.02-85 |
| Междугородные кабельные линии связи, м | 6 | 0 | СН 461-74 |
| Радиорелейные линии связи, м | 0,02 | 0 | СН 461-74 |
| Скважины нефтяные – га | 0 | 0,36 | СН 459-74 |
| Скважины газовые, га | 0 | 0,36 | СН 459-74 |
| Линии электропередачи напряжением 35кВ и выше, м | 15 | 0 | СН 465-74 |
| Линии электропередачи для электрификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, м | 8 | 0 | СН 465-74 |
| Линии электропередачи для электрификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, м | 8 | 0 | СН 465-74 |

Расчет площадей сведения лесов при таком строительстве включает учет доли лесистости территории. Лесистость в России в 1971 г. принята равной величине 1960 года – 40,8 (Госплан СССР, 1962), в 1983 г. составляла 44,9 (Госкомлес, 1986). Значения для 1972-1982 гг. и 1984-1989 гг. определены методом интерполяции известных данных.

По данным площадей отвода земель и доли лесистости вычислены площади обезлесения за 1971-1989 гг., которые приведены в таблице 6.40.

Согласно рекомендациям МГЭИК общая площадь обезлесения каждого региона (для 2000-2022 гг. (табл. 6.39)) или в целом по стране (для 1990-1999 гг.) была разделена на обезлесение в управляемых лесах и на обезлесение в неуправляемых лесах, а каждая из этих подкатегорий – на леса и кустарники, исходя из соотношения площадей, занимаемых этими категориями.

Площади управляемых и неуправляемых земель в 1971 и 1972 гг. определены по данным 1961 года (Госплан СССР, 1962), с использованием метода интерполяции между 1961-1972 гг. В 1971 году площадь лесных земель составляла 758642,8 тыс. га, из которых резервных (т.е. неуправляемых) было 246795,7 тыс. га. Соответствующие площади для 1973, 1978, 1983 и 1988 гг. равны 760100,3 и 205683,0 тыс. га; 759129,9 и 229568,6 тыс. га; 765704,5 и 219093,5 тыс. га; 774137,4 и 218075,7 тыс. га (Госкомлес СССР, 1976, 1982, 1986, 1990). Значения в промежуточные годы определены методом интерполяции. Аналогично определяли площадь управляемых кустарников за период с 1971г. Их площади в 1973, 1978, 1983 и 1988 г. были равны 32500; 35100; 41100 и 47600 тыс. га соответственно (Госкомлес СССР, 1976, 1982, 1986, 1990).

В таблицах 6.40 и 6.41 приведены результаты оценки площадей обезлесения в управляемых и неуправляемых лесах по территориям с преобладанием деревьев и доминированием кустарников для вариантов с полной потерей почвенного органического вещества и его частичным разрушением за периоды 1971-1989 и 1990-2023 годы.

Для расчета потерь углерода при обезлесении были использованы значения площадей, представленные в таблицах 6.40 и 6.41 (для 2000-2023 гг. расчеты выполняли по каждому региону России (табл. 6.39)), а также средние значения запасов углерода по пулам (табл. 6.41). Средние значения запасов углерода для регионов России получены делением запасов углерода по пулам на площадь покрытых лесной растительностью земель. Запасы углерода на 1 га оценивались отдельно для лесов и насаждений с доминированием кустарников. Средние величины в целом по стране представлены в таблице 6.42.

Согласно рекомендациям МГЭИК в 2010 году были приняты следующие допущения:

- 1) для всех площадей обезлесения принято полное окисление углерода в пулах биомассы, мертвой древесины, подстилки в год обезлесения;
- 2) для площадей, отводимых под устройство твердого покрытия (асфальт, насыпи), также принято полное окисление почвенного углерода в год обезлесения;
- 3) для площадей, отводимых под открытые территории, принято частичное окисление углерода в органическом веществе почв за период 20 лет;
- 4) окончательные оценки потери углерода в органическом веществе почв за 1990-2023 годы рассчитаны с учетом остаточной эмиссии от окисления органического вещества почв при обезлесении только на площадях, отводимых под открытые территории, начиная с 1971 года.

Величина частичной потери углерода почв принята равной 12% для лесов и земель покрытой кустарниковой растительностью. Данный процент рассчитан как разница средних значений начальных запасов углерода в почвах лесов разных возрастных групп и его конечного запаса и соответствует средним значениям запаса углерода почвы (т С га⁻¹) для 0-й возрастной группы (временно не покрытые лесом земли). Ежегодные потери оценивали при делении полученной разницы на 20.

Выбросы N₂O при минерализации почвенного органического вещества на лесных землях, переведенных в земли поселений. Оценка выбросов N₂O от почв при конверсии лесных земель в земли поселений выполнялась в соответствии с уравнением 11.8, глава 11, том 4 (МГЭИК, 2006). На основе данных баланса углерода в почвах лесных земель, переведенных в земли поселений (см. выше) и соотношения C/N, принятым равным 15 по умолчанию (МГЭИК, 2006) было рассчитано количество минерализованного азота FSOM и оценены соответствующие прямые выбросы

Коэффициент прямого выброса N₂O принят равным по умолчанию и составляет 0,01 кг N₂O-N/кг N в соответствии с таблицей 11.1, главы 11, тома 4 (МГЭИК, 2006).

Для оценки соответствующего косвенного выброса закиси азота при вымывании минерализованного азота использована фракция вымывания по умолчанию (30%) и коэффициент косвенного выброса N₂O при вымывании соединений азота из почв по умолчанию (0,0075 кг N₂O-N/кг N) в соответствии с таблицей 11.3, главы 11, тома 4 (МГЭИК, 2006).

Таблица 6.38

Лесистость территории по регионам Российской Федерации, %

| Субъект РФ | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Белгородская область | 8,5 | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,8 | 8,8 | 8,8 |
| Брянская область | 32,4 | 32,9 | 33 | 32,9 | 32,8 | 32,8 | 32,9 | 32,8 | 32,8 | 32,9 | 32,9 | 32,9 | 32,9 |
| Владимирская область | 50,4 | 51 | 51,1 | 50,6 | 50,9 | 51,2 | 51,3 | 51,3 | 51,4 | 51,5 | 51,6 | 51,6 | 51,6 |
| Воронежская область | 8,4 | 8,3 | 8,1 | 8,1 | 8,1 | 8,1 | 8,2 | 8,2 | 8,3 | 8,3 | 8,3 | 8,3 | 8,3 |
| Ивановская область | 45,6 | 46,9 | 46,8 | 46,1 | 46,4 | 46,4 | 46,2 | 46,2 | 46,1 | 46,1 | 45,6 | 45,6 | 45,8 |
| Калужская область | 44,6 | 44,8 | 45,4 | 45,2 | 45,2 | 45,1 | 45,0 | 44,9 | 44,9 | 45,0 | 45,1 | 45,1 | 45,3 |
| Костромская область | 73,5 | 74 | 74,3 | 74,3 | 74,3 | 74,1 | 74,1 | 73,9 | 73,8 | 73,6 | 73,3 | 73,3 | 73,2 |
| Курская область | 7,8 | 7,9 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,0 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 |
| Липецкая область | 8 | 7,6 | 7,2 | 7,3 | 7,3 | 7,7 | 8,3 | 8,5 | 8,6 | 8,7 | 8,8 | 8,8 | 8,8 |
| Московская область | 41 | 41 | 42,5 | 42,8 | 42,7 | 42,7 | 42,8 | 42,7 | 42,7 | 42,1 | 42,0 | 42,0 | 41,8 |
| Орловская область | 7,8 | 7,8 | 8 | 5,3 | 7,8 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 |
| Рязанская область | 25,4 | 25,3 | 25,4 | 24,0 | 24,0 | 24,4 | 23,6 | 25,0 | 25,1 | 25,1 | 25,1 | 25,1 | 25,4 |
| Смоленская область | 41,1 | 40,8 | 42,2 | 42,0 | 42,0 | 41,9 | 41,9 | 41,8 | 41,8 | 41,9 | 41,8 | 41,8 | 42,1 |
| Тамбовская область | 10,3 | 10,5 | 10,3 | 10,5 | 10,5 | 10,5 | 10,5 | 10,6 | 10,6 | 10,6 | 10,6 | 10,6 | 10,6 |
| Тверская область | 53,7 | 53,8 | 54,9 | 55,0 | 54,9 | 54,8 | 54,7 | 54,7 | 53,3 | 54,7 | 54,7 | 54,7 | 54,7 |
| Тульская область | 13,5 | 13,8 | 14,4 | 14,2 | 14,2 | 14,3 | 14,3 | 14,3 | 14,3 | 14,3 | 14,3 | 14,3 | 14,3 |
| Ярославская область | 45,2 | 45,4 | 45,2 | 45,4 | 45,4 | 45,3 | 45,5 | 45,4 | 45,4 | 45,7 | 45,7 | 45,7 | 45,6 |
| Республика Карелия | 52 | 52,6 | 52,7 | 52,9 | 52,9 | 53,0 | 53,1 | 53,1 | 53,1 | 53,1 | 53,0 | 53,2 | 53,3 |
| Республика Коми | 72,1 | 72,4 | 72,7 | 72,8 | 72,8 | 72,8 | 72,7 | 72,8 | 72,7 | 72,7 | 72,7 | 72,6 | 72,7 |
| Архангельская область | 53,5 | 54,1 | 54,1 | 54,0 | 54,0 | 54,1 | 54,1 | 54,0 | 54,0 | 53,9 | 53,9 | 53,9 | 54,0 |
| Вологодская область | 69,4 | 69,9 | 69,6 | 69,2 | 69,2 | 69,2 | 68,9 | 68,8 | 68,5 | 68,5 | 68,3 | 68,3 | 68,3 |
| Калининградская область | 19,5 | 18,3 | 18,5 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,8 | 18,8 | 18,8 |
| Ленинградская область | 56 | 55,6 | 57,3 | 57,1 | 57,1 | 57,1 | 57,3 | 57,4 | 57,4 | 57,5 | 57,6 | 57,7 | 57,8 |
| Мурманская область | 36,3 | 36,9 | 37,3 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,5 | 37,5 | 37,5 | 37,4 | 37,4 |
| Новгородская область | 64,1 | 64,4 | 64,4 | 63,6 | 63,8 | 64,0 | 64,1 | 64,2 | 64,3 | 64,3 | 64,4 | 64,4 | 64,6 |
| Псковская область | 38,1 | 38,3 | 38,4 | 38,7 | 38,7 | 38,9 | 38,8 | 38,8 | 38,7 | 38,8 | 38,8 | 38,8 | 39,0 |
| Ненецкий автономный округ | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 |
| Республика Адыгея | 36,4 | 37,3 | 36,7 | 36,8 | 36,8 | 36,7 | 36,7 | 36,7 | 36,8 | 36,7 | 36,7 | 36,7 | 36,7 |

6. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (Сектор 4 ОТО)

Продолжение таблицы 6.38

| Субъект РФ | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Республика Дагестан | 8,7 | 8,8 | 10,6 | 10,6 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 |
| Республика Ингушетия | 39,8 | 21,5 | 21,8 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,8 | 21,7 | 21,8 | 21,8 |
| Кабардино-Балкарская Республика | 14,9 | 16,7 | 15,2 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,3 |
| Республика Калмыкия | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Карачаево-Черкесская Республика | 30 | 30 | 30 | 30,0 | 30,0 | 30,1 | 30,1 | 30,1 | 30,1 | 30,1 | 30,0 | 30,0 | 30,0 |
| Республика Северная Осетия-Алания | 23,3 | 23,7 | 24,1 | 24,0 | 24,3 | 24,3 | 24,3 | 24,3 | 24,3 | 24,3 | 24,4 | 24,4 | 24,4 |
| Чеченская Республика | 19,1 | 19,1 | 21,1 | 20,9 | 20,9 | 20,9 | 20,9 | 21,0 | 21,0 | 20,1 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Краснодарский край | 20,2 | 20,4 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,1 | 20,2 | 20,1 |
| Ставропольский край | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| Астраханская область | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| Волгоградская область | 4,4 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| Ростовская область | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| Республика Башкортостан | 38,4 | 39,2 | 39,9 | 39,9 | 39,9 | 39,9 | 39,9 | 39,9 | 39,9 | 39,9 | 39,8 | 39,8 | 39,7 |
| Республика Марий Эл | 55,1 | 55,6 | 53,7 | 54,2 | 54,4 | 55,3 | 55,7 | 56,0 | 56,0 | 55,9 | 55,8 | 55,8 | 55,8 |
| Республика Мордовия | 26,5 | 27 | 27 | 26,4 | 26,8 | 26,8 | 27,1 | 27,1 | 27,0 | 27,0 | 27,0 | 27,0 | 26,9 |
| Республика Татарстан | 16,8 | 17,2 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,4 |
| Удмуртская Республика | 45,8 | 46,4 | 46,7 | 46,4 | 46,3 | 46,2 | 46,2 | 46,1 | 46,0 | 46,1 | 46,0 | 45,9 | 45,9 |
| Чувашская Республика | 31,3 | 32 | 32,4 | 32,1 | 32,1 | 32,1 | 32,2 | 32,3 | 32,3 | 32,5 | 32,6 | 32,6 | 32,6 |
| Кировская область | 62,8 | 63,5 | 63,6 | 63,1 | 62,9 | 62,8 | 62,7 | 62,6 | 62,5 | 62,5 | 62,4 | 62,4 | 62,7 |
| Нижегородская область | 47,3 | 48 | 46,8 | 46,6 | 46,5 | 47,2 | 47,8 | 47,9 | 48,0 | 47,9 | 47,9 | 47,7 | 47,7 |
| Оренбургская область | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 |
| Пензенская область | 21,3 | 21,4 | 21,2 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,6 | 20,6 | 20,6 | 20,7 |
| Пермский край | 66,5 | 69 | 71,5 | 71,4 | 71,3 | 71,3 | 71,4 | 71,5 | 71,5 | 71,4 | 71,3 | 71,4 | 71,4 |
| Самарская область | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 12,7 | 12,7 | 12,7 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 |
| Саратовская область | 5,7 | 6 | 6,2 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,2 | 6,2 | 6,0 |
| Ульяновская область | 26,4 | 26,7 | 26,4 | 26,3 | 26,4 | 26,3 | 26,5 | 26,6 | 26,6 | 26,5 | 26,5 | 26,6 | 26,7 |
| Курганская область | 22,3 | 21,4 | 21,8 | 22,1 | 22,1 | 22,2 | 22,3 | 22,4 | 22,5 | 22,6 | 22,6 | 22,6 | 22,7 |

Продолжение таблицы 6.38

| Субъект РФ | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Свердловская область | 66,9 | 67,5 | 68,6 | 68,6 | 68,6 | 68,7 | 68,7 | 68,7 | 68,7 | 68,7 | 68,7 | 68,6 | 68,4 |
| Тюменская область | 40,7 | 42,2 | 43,5 | 44,2 | 44,2 | 44,0 | 44,0 | 44,1 | 44,1 | 44,1 | 44,1 | 44,1 | 44,1 |
| Челябинская область | 28,5 | 29,2 | 29,4 | 29,4 | 29,4 | 29,4 | 29,5 | 29,5 | 29,5 | 29,5 | 29,4 | 29,4 | 29,5 |
| Ханты-Мансийский автономный округ | 52 | 53,7 | 54 | 53,9 | 53,9 | 53,8 | 53,9 | 53,8 | 53,8 | 53,8 | 53,8 | 53,7 | 53,7 |
| Ямало-Ненецкий автономный округ | 21,1 | 21,1 | 21,8 | 20,9 | 20,9 | 20,9 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 |
| Республика Алтай | 42,4 | 42,8 | 44,4 | 44,3 | 44,3 | 44,4 | 44,4 | 44,4 | 44,4 | 44,4 | 44,4 | 44,8 | 44,6 |
| Республика Бурятия | 63,4 | 63,6 | 63,5 | 63,8 | 63,7 | 64,0 | 64,1 | 63,7 | 63,7 | 63,7 | 63,7 | 63,8 | 63,8 |
| Республика Тыва | 48 | 47,7 | 49,8 | 49,7 | 49,7 | 49,7 | 49,7 | 49,7 | 49,7 | 49,4 | 49,7 | 49,4 | 50,3 |
| Республика Хакасия | 48 | 48,4 | 49,7 | 49,8 | 49,8 | 49,8 | 49,8 | 49,9 | 49,9 | 49,8 | 49,9 | 49,9 | 49,9 |
| Алтайский край | 21,3 | 21,7 | 22,6 | 22,7 | 22,7 | 22,7 | 22,8 | 22,9 | 22,9 | 23,0 | 23,0 | 23,0 | 22,9 |
| Красноярский край | 72,1 | 72,1 | 45,2 | 45,2 | 45,2 | 45,1 | 45,1 | 45,1 | 45,1 | 45,1 | 45,1 | 45,2 | 45,2 |
| Иркутская область | 80,4 | 82 | 83,1 | 83,0 | 82,8 | 82,7 | 82,6 | 82,5 | 82,5 | 82,4 | 82,3 | 82,2 | 82,2 |
| Кемеровская область | 58,7 | 60,3 | 60,2 | 59,8 | 59,8 | 59,8 | 59,8 | 59,8 | 59,3 | 59,8 | 59,7 | 59,5 | 59,4 |
| Новосибирская область | 26,1 | 26,3 | 26,7 | 26,9 | 27,1 | 27,3 | 27,3 | 27,3 | 27,4 | 27,4 | 27,5 | 27,8 | 27,7 |
| Омская область | 31,7 | 32,3 | 32,4 | 32,4 | 32,2 | 32,3 | 32,3 | 32,3 | 32,3 | 32,3 | 32,3 | 32,3 | 32,3 |
| Томская область | 59,4 | 60,5 | 62 | 61,7 | 61,6 | 61,4 | 61,4 | 61,3 | 61,3 | 61,2 | 61,2 | 61,1 | 61,1 |
| Забайкальский край | 69,6 | 70,1 | 68,3 | 68,2 | 68,2 | 68,2 | 68,3 | 68,3 | 68,3 | 68,4 | 68,4 | 68,5 | 68,6 |
| Республика Саха (Якутия) | 46,7 | 46,6 | 51,2 | 50,9 | 51,0 | 51,0 | 50,8 | 50,7 | 50,1 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 49,9 |
| Приморский край | 76,1 | 76,1 | 77,9 | 77,3 | 77,3 | 77,2 | 77,2 | 77,2 | 77,2 | 77,2 | 77,6 | 77,8 | 77,9 |
| Хабаровский край | 68,2 | 66,2 | 66,7 | 66,1 | 66,2 | 66,2 | 66,3 | 66,4 | 66,5 | 66,6 | 66,6 | 66,7 | 66,7 |
| Амурская область | 63,9 | 64,4 | 65 | 65,4 | 65,4 | 65,4 | 65,4 | 65,3 | 65,3 | 65,2 | 65,2 | 65,2 | 65,1 |
| Камчатский край | 56,4 | 56,7 | 42,7 | 42,7 | 42,7 | 42,7 | 42,7 | 42,7 | 42,7 | 42,7 | 42,7 | 42,7 | 42,7 |
| Магаданская область | 38,4 | 36,3 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,3 | 37,3 |
| Сахалинская область | 64,8 | 65,4 | 67,7 | 68,1 | 68,1 | 68,0 | 68,0 | 68,0 | 68,0 | 68,0 | 68,0 | 68,0 | 68,1 |
| Еврейская автономная область | 45,1 | 45,2 | 45,4 | 45,2 | 45,3 | 45,2 | 45,2 | 45,0 | 44,9 | 44,9 | 44,8 | 44,7 | 44,7 |
| Чукотский автономный округ | 7,1 | 6,9 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 |
| Республика Крым | - | - | - | 10,7 | 10,7 | 10,7 | 10,7 | 8,9 | 10,7 | 10,7 | 10,7 | 10,7 | 10,7 |

6. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (Сектор 4 ОТО)

Таблица 6.39

Оценка площади обезлесения в 2000-2023 годах на основе региональных данных Росстата о строительстве объектов инфраструктуры с учетом лесистости субъектов Российской Федерации и Рослесхоза о переводе земель лесного фонда в земли иных категорий, по которым приняты распоряжения Правительства Российской Федерации (га)

| Субъект РФ | 2000 | 2005 | 2009 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| Белгородская область | 42,7 | 45,8 | 44,0 | 79,4 | 63,3 | 54,2 | 41,7 | 24,9 | 0,9 | 0,0 | 1,1 | 14,2 | 9,8 | 10,8 |
| Брянская область | 216,9 | 16,4 | 19,2 | 12,2 | 81,2 | 139,5 | 93,1 | 61,3 | 53,7 | 38,1 | 72,0 | 68,3 | 19,8 | 40,2 |
| Владимирская область | 47,5 | 190,3 | 231,3 | 1,0 | 128,7 | 5,2 | 7,1 | 54,1 | 105,1 | 3,0 | 5,1 | 16,5 | 10,7 | 228,4 |
| Воронежская область | 67,5 | 61,6 | 7,9 | 28,2 | 40,0 | 32,9 | 24,7 | 24,1 | 3,4 | 9,8 | 1,4 | 16,5 | 10,5 | 2,9 |
| Ивановская область | 63,7 | 162,9 | 134,2 | 38,2 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 0,0 | 0,7 | 30,6 | 11,2 | 33,7 |
| Калужская область | 109,9 | 183,5 | 132,1 | 60,1 | 34,3 | 67,1 | 0,0 | 75,3 | 34,3 | 90,4 | 16,8 | 41,5 | 148,0 | 31,4 |
| Костромская область | 212,4 | 86,6 | 25,8 | 1,9 | 14,7 | 6,3 | 0,0 | 0,0 | 3,3 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 181,7 | 135,3 |
| Курская область | 9,6 | 29,9 | 24,2 | 11,9 | 15,8 | 11,9 | 12,0 | 16,6 | 316,2 | 10,0 | 8,2 | 25,5 | 27,3 | 31,2 |
| Липецкая область | 40,5 | 39,1 | 13,4 | 18,8 | 193,5 | 18,1 | 20,8 | 24,8 | 23,4 | 16,0 | 12,4 | 17,7 | 3,3 | 7,3 |
| Московская область | 284,2 | 429,6 | 296,5 | 292,0 | 2810,2 | 1626,8 | 2037,6 | 1008,4 | 572,0 | 74,2 | 33,5 | 129,0 | 79,8 | 97,1 |
| Орловская область | 25,0 | 6,1 | 2,0 | 18,0 | 10,0 | 6,2 | 14,9 | 5,2 | 6,0 | 4,9 | 4,4 | 3,0 | 3,6 | 5,4 |
| Рязанская область | 216,5 | 97,0 | 35,7 | 53,7 | 34,3 | 37,2 | 14,1 | 32,5 | 4,2 | 43,6 | 0,0 | 165,4 | 0,8 | 3320,1 |
| Смоленская область | 79,9 | 45,0 | 40,9 | 89,7 | 153,8 | 134,1 | 139,8 | 493,9 | 227,7 | 129,5 | 92,8 | 91,2 | 58,2 | 84,1 |
| Тамбовская область | 72,1 | 27,0 | 7,4 | 14,7 | 2,1 | 22,9 | 2,1 | 0,3 | 2,9 | 5,8 | 1,0 | 14,1 | 2,0 | 3,8 |
| Тверская область | 340,8 | 594,4 | 226,1 | 159,4 | 239,5 | 240,8 | 444,1 | 522,7 | 142,4 | 68,0 | 78,3 | 56,8 | 8,4 | 4,9 |
| Тульская область | 68,0 | 9,4 | 3,0 | 35,5 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 58,5 | 0,0 | 0,1 | 1,6 | 14,9 | 2,5 | 1,5 |
| Ярославская область | 122,8 | 415,2 | 124,7 | 106,6 | 153,9 | 123,0 | 114,3 | 56,7 | 56,8 | 62,7 | 86,4 | 36,6 | 36,1 | 57,0 |
| Республика Карелия | 221,9 | 48,3 | 3,3 | 206,7 | 1,5 | 0,0 | 20,3 | 42,4 | 141,7 | 126,2 | 0,0 | 22,4 | 145,6 | 74,5 |
| Республика Коми | 1060,9 | 321,6 | 138,2 | 359,4 | 1458,3 | 640,8 | 1064,3 | 88,8 | 371,4 | 480,0 | 307,1 | 585,4 | 446,9 | 362,7 |
| Архангельская область | 291,5 | 344,0 | 35,0 | 249,2 | 57,8 | 44,3 | 19,2 | 2454,7 | 2680,6 | 1927,8 | 0,4 | 397,4 | 14,8 | 61,8 |
| Вологодская область | 829,9 | 762,2 | 431,9 | 14,4 | 30,3 | 1315,4 | 7,6 | 190,8 | 3,4 | 345,0 | 38,0 | 189,5 | 37,0 | 13,3 |

Продолжение таблицы 6.39

| Субъект РФ | 2000 | 2005 | 2009 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-------------------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| Калининградская область | 25,0 | 16,5 | 0,2 | 2,4 | 2,0 | 0,3 | 5,2 | 18,4 | 102,7 | 15,0 | 0,3 | 23,8 | 4,3 | 7,1 |
| Ленинградская область | 331,7 | 261,8 | 372,8 | 70,8 | 243,8 | 198,3 | 169,7 | 66,3 | 144,5 | 966,1 | 73,9 | 2477,7 | 852,0 | 276,3 |
| Мурманская область | 59,0 | 8,1 | 48,0 | 0,7 | 23,0 | 0,2 | 3,2 | 42,0 | 0,0 | 0,0 | 37,0 | 70,9 | 43,0 | 23,0 |
| Новгородская область | 223,9 | 89,1 | 116,6 | 114,5 | 0,0 | 1309,7 | 0,0 | 0,0 | 5,6 | 123,2 | 0,8 | 11,9 | 22,2 | 9,1 |
| Псковская область | 128,6 | 98,6 | 42,4 | 51,5 | 1,8 | 0,0 | 3,8 | 8,8 | 125,4 | 0,9 | 0,0 | 31,6 | 33,2 | 68,5 |
| Ненецкий автономный округ | 0,0 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 3,9 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 6,7 | 7,8 | 47,6 | 15,1 | 7,8 | 6,7 |
| Республика Адыгея | 68,4 | 17,7 | 7,2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 17,6 | 13,8 |
| Республика Калмыкия | 0,4 | 0,3 | 4,6 | 24,1 | 19,4 | 10,8 | 2,4 | 0,3 | 0,8 | 4,7 | 1,8 | 14,6 | 35,4 | 15,1 |
| Краснодарский край | 121,9 | 206,7 | 0,0 | 2,8 | 24,1 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 21,0 | 0,1 | 19,6 | 32,0 | 1,5 |
| Астраханская область | 8,3 | 8,9 | 0,5 | 8,5 | 3,7 | 1,3 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 3,1 | 0,1 | 0,5 | 6,0 | 3,0 |
| Волгоградская область | 104,7 | 57,8 | 2,2 | 0,3 | 0,3 | 1,2 | 0,0 | 37,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,3 |
| Ростовская область | 48,2 | 35,3 | 1,2 | 0,8 | 2,7 | 39,5 | 0,3 | 0,0 | 1,4 | 3,1 | 0,2 | 8,6 | 0,6 | 3,9 |
| Республика Дагестан | 71,4 | 26,6 | 34,1 | 1,1 | 9,4 | 69,7 | 0,3 | 0,9 | 1,4 | 2,5 | 1,6 | 6,4 | 16,5 | 0,3 |
| Республика Ингушетия | 322,6 | 2,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 | 0,1 | 6,7 | 32,6 | 35,4 | 27039,3 | 82,3 | 0,6 |
| Кабардино-Балкарская Республика | 26,2 | 19,9 | 64,1 | 56,8 | 484,0 | 386,8 | 155,1 | 39,5 | 28,9 | 401,9 | 368,9 | 48,2 | 34,7 | 49,0 |
| Карачаево-Черкесская Республика | 11,9 | 82,5 | 3,4 | 24,6 | 6,6 | 10,4 | 0,5 | 1,1 | 0,4 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 1,2 |
| Республика Северная Осетия — Алания | 19,0 | 13,1 | 0,4 | 2,5 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 3,1 | 1,3 | 0,3 | 0,1 | 5,8 | 0,2 | 0,1 |
| Чеченская Республика | 0,0 | 0,0 | 27,3 | 33,3 | 9,2 | 13,0 | 15,1 | 1,3 | 1,0 | 1,1 | 1,9 | 17,9 | 15,2 | 6,3 |
| Ставропольский край | 11,0 | 11,9 | 19,3 | 14,5 | 27,5 | 27,6 | 9,6 | 12,3 | 2,0 | 1,9 | 1,1 | 9,6 | 9,8 | 7,3 |
| Республика Башкортостан | 2243,2 | 712,3 | 74,1 | 27,1 | 153,5 | 224,7 | 98,1 | 8,5 | 68,4 | 42,2 | 28,1 | 148,7 | 167,0 | 134,5 |
| Республика Марий Эл | 127,9 | 57,6 | 6425,7 | 7,6 | 186,0 | 6,5 | 0,0 | 19,1 | 18,2 | 0,0 | 0,0 | 4,2 | 12,4 | 9,8 |
| Республика Мордовия | 86,0 | 112,7 | 2,6 | 2,0 | 33,4 | 19,2 | 61,4 | 28,7 | 9,3 | 2,8 | 0,8 | 21,2 | 45,6 | 25,1 |
| Республика Татарстан | 230,9 | 206,4 | 234,0 | 221,1 | 341,1 | 292,3 | 190,0 | 265,1 | 125,5 | 220,5 | 145,8 | 216,1 | 226,6 | 329,8 |
| Удмуртская Республика | 398,5 | 84,8 | 71,8 | 105,0 | 213,8 | 27,6 | 105,3 | 8,0 | 49,1 | 22,2 | 17,5 | 51,5 | 78,6 | 52,4 |

Продолжение таблицы 6.39

| Субъект РФ | 2000 | 2005 | 2009 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|--------|--------|--------|--------|-------|---------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Чувашская Республика | 208,2 | 145,3 | 27,8 | 16,6 | 18,1 | 15,1 | 15,4 | 37,4 | 0,0 | 5,9 | 0,0 | 28,0 | 12,0 | 34,6 |
| Кировская область | 237,2 | 181,9 | 21,5 | 24,9 | 34,1 | 18,3 | 25,4 | 20,1 | 5,4 | 1,1 | 5,1 | 88,6 | 7,0 | 19,6 |
| Нижегородская область | 411,8 | 146,9 | 3,7 | 40,5 | 80,4 | 8,6 | 46,1 | 5,4 | 37,3 | 1,8 | 0,0 | 38,6 | 16,8 | 30,2 |
| Оренбургская область | 53,2 | 18,5 | 14,0 | 16,2 | 10,8 | 3,0 | 5,4 | 7,7 | 5,3 | 974,3 | 13,7 | 7,0 | 104,5 | 8,9 |
| Пензенская область | 493,7 | 309,1 | 36,1 | 21,3 | 27,8 | 30,6 | 6,4 | 0,0 | 30,9 | 8,6 | 2,3 | 3,6 | 13,5 | 9,6 |
| Пермский край | 770,0 | 823,6 | 493,6 | 575,0 | 687,3 | 413,0 | 995,0 | 342,9 | 76,3 | 677,1 | 106,5 | 108,3 | 139,1 | 149,7 |
| Самарская область | 384,1 | 57,4 | 8,0 | 44,3 | 54,9 | 27,2 | 36,2 | 9,8 | 10,6 | 74,0 | 3,9 | 29,4 | 21,8 | 33,9 |
| Саратовская область | 69,2 | 58,6 | 19,2 | 17,7 | 65,9 | 41,0 | 7,2 | 8,4 | 6,1 | 18,8 | 0,3 | 8,5 | 7,0 | 7,7 |
| Ульяновская область | 28,0 | 43,1 | 0,9 | 0,3 | 3,0 | 5,3 | 0,5 | 11,8 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 7,8 | 12,9 | 2,1 |
| Курганская область | 75,0 | 36,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 336,1 | 0,0 | 0,0 |
| Свердловская область | 915,5 | 855,2 | 186,9 | 194,4 | 0,0 | 18018,6 | 40,2 | 0,0 | 14,6 | 1541,2 | 8,4 | 20,3 | 60,6 | 7,3 |
| Тюменская область | 3081,0 | 2141,8 | 400,6 | 58,7 | 5,6 | 1,4 | 80,1 | 43,2 | 33,8 | 229,8 | 162,1 | 124,2 | 104,9 | 221,2 |
| Челябинская область | 245,6 | 91,8 | 1563,1 | 1194,8 | 19,7 | 55,4 | 24,3 | 37,0 | 33,0 | 305,1 | 24,4 | 110,1 | 72,8 | 186,2 |
| Ханты-Мансийский автономный округ — Югра | 1522,5 | 1934,6 | 14,6 | 19,8 | 31,4 | 224,7 | 333,3 | 191,7 | 297,0 | 190,5 | 4,6 | 45,5 | 8,0 | 7,0 |
| Ямало-Ненецкий автономный округ | 253,1 | 246,2 | 869,7 | 828,7 | 788,9 | 926,9 | 889,7 | 880,7 | 1189,3 | 942,5 | 934,4 | 1070,1 | 1184,8 | 2340,9 |
| Республика Алтай | 67,6 | 46,3 | 422,8 | 229,9 | 261,6 | 647,1 | 406,4 | 78,1 | 54,4 | 219,8 | 172,5 | 163,9 | 272,3 | 394,0 |
| Республика Бурятия | 33,4 | 262,0 | 22,5 | 18,7 | 3,4 | 8,7 | 4,4 | 6,3 | 0,9 | 0,8 | 34,8 | 1169,4 | 602,0 | 0,0 |
| Республика Тыва | 45,7 | 73,8 | 120,5 | 187,0 | 34,8 | 145,2 | 15,2 | 0,0 | 82,3 | 0,0 | 0,4 | 115,8 | 8,0 | 268,3 |
| Республика Хакасия | 45,4 | 84,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 1,8 | 32,1 | 28,9 | 2,6 | 0,0 | 27,4 | 0,0 |
| Алтайский край | 213,9 | 164,0 | 0,0 | 2,3 | 10,6 | 0,0 | 8,0 | 111,1 | 151,0 | 71,1 | 42,8 | 68,0 | 240,1 | 37,0 |
| Забайкальский край | 119,6 | 179,3 | 62,3 | 59,5 | 83,4 | 89,8 | 68,1 | 159,5 | 43,7 | 40,8 | 26,6 | 229,1 | 103,6 | 62,2 |
| Красноярский край | 540,7 | 665,6 | 239,0 | 99,1 | 339,5 | 412,4 | 983,0 | 74,2 | 59,4 | 94,9 | 48,2 | 266,9 | 6095,6 | 594,5 |
| Иркутская область | 1236,0 | 598,7 | 2160,9 | 1349,7 | 954,0 | 709,1 | 455,7 | 682,4 | 285,1 | 1693,6 | 170,1 | 740,7 | 1244,6 | 0,0 |
| Кемеровская область | 634,9 | 388,7 | 81,6 | 18,6 | 10,2 | 34,7 | 26,2 | 158,4 | 51,6 | 81,5 | 50,8 | 190,6 | 1114,9 | 156,9 |
| Новосибирская область | 231,3 | 118,6 | 203,3 | 75,1 | 184,4 | 101,4 | 43,5 | 15,9 | 122,1 | 125,0 | 187,8 | 122,2 | 51,9 | 85,3 |

Продолжение таблицы 6.39

| Субъект РФ | 2000 | 2005 | 2009 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Омская область | 105,2 | 217,8 | 9,2 | 15,4 | 1,1 | 2,4 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 33,1 | 6,6 | 11,6 |
| Томская область | 365,3 | 342,2 | 289,4 | 191,5 | 323,9 | 547,7 | 30,3 | 25,0 | 15,4 | 14,1 | 8,4 | 17,4 | 1,8 | 9,8 |
| Республика Саха (Якутия) | 524,7 | 514,9 | 208,2 | 123,9 | 549,9 | 277,3 | 289,3 | 249,4 | 207,3 | 603,8 | 73,5 | 19,4 | 6,8 | 111,3 |
| Камчатский край | 152,8 | 85,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1998,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8,3 | 0,0 | 0,0 |
| Приморский край | 313,5 | 117,1 | 254,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 528,5 | 1,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 35,6 | 0,0 |
| Хабаровский край | 796,1 | 90,1 | 67,3 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 237,8 | 227,8 | 237,6 | 0,0 | 248,8 | 65,5 | 0,0 |
| Амурская область | 188,9 | 135,1 | 422,7 | 0,0 | 51,5 | 138,8 | 373,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 37,4 | 9,8 | 389,2 | 0,0 |
| Магаданская область | 105,0 | 62,9 | 3153,3 | 130,7 | 783,3 | 57,4 | 65,6 | 66,6 | 104,1 | 123,2 | 740,3 | 34,8 | 3155,0 | 160,6 |
| Сахалинская область | 276,0 | 113,7 | 154,2 | 55,5 | 131,6 | 85,3 | 26,1 | 173,8 | 0,2 | 6,6 | 553,7 | 37,1 | 109,2 | 116,1 |
| Еврейская автономная область | 44,7 | 200,2 | 535,6 | 139,3 | 42,1 | 84,7 | 9,1 | 25,3 | 997,1 | 141,3 | 0,0 | 202,2 | 945,6 | 7,1 |
| Чукотский автономный округ | 0,0 | 0,0 | 787,8 | 265,8 | 169,1 | 35,4 | 228,8 | 88,4 | 11,6 | 7316,9 | 127,1 | 2117,9 | 176,7 | 928,3 |
| Республика Крым | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,9 | 18,7 | 4,0 | 14,3 | 5,9 | 132,9 | 1,4 | 1,8 |
| Итого | 23881,4 | 17599,0 | 22385,3 | 8639,3 | 13076,9 | 32334,0 | 10442,4 | 10094,5 | 9642,7 | 21094,6 | 5073,8 | 40135,1 | 19420,8 | 11655,3 |

Таблица 6.40

Площади обезлесения при частичной потере почвенного органического вещества по категориям земель, покрытых лесной растительностью, в 1971-1989 годах

| Категории земель, покрытых лесной растительностью | Тип лесной растительности | Площади обезлесения при частичной потере почвенного органического вещества по годам, тыс. га год ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 |
| Управляемые | леса | 18,4 | 20,8 | 22,3 | 25,3 | 28,5 | 28,8 | 19,3 | 21,3 | 32,1 | 20,2 | 34,0 | 30,3 | 27,0 | 22,7 | 31,5 | 23,4 | 36,9 | 32,6 | 32,1 |
| | кустарники | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,4 |
| | всего | 18,6 | 21,0 | 22,5 | 25,6 | 28,8 | 29,1 | 19,5 | 21,5 | 32,5 | 20,5 | 34,4 | 30,6 | 27,3 | 22,9 | 31,9 | 23,7 | 37,4 | 33,0 | 32,6 |
| Неуправляемые | леса | 10,2 | 10,1 | 9,5 | 9,4 | 10,9 | 11,4 | 7,9 | 8,9 | 14,0 | 8,7 | 14,3 | 12,5 | 11,0 | 9,1 | 12,5 | 9,3 | 14,6 | 12,8 | 12,6 |
| | кустарники | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,9 | 0,8 | 0,8 |
| | всего | 10,5 | 10,5 | 9,9 | 9,8 | 11,4 | 11,9 | 8,2 | 9,3 | 14,6 | 9,1 | 15,0 | 13,2 | 11,6 | 9,6 | 13,3 | 9,8 | 15,5 | 13,6 | 13,4 |
| Всего | | 29,2 | 31,4 | 32,4 | 35,4 | 40,2 | 41,0 | 27,8 | 30,8 | 47,1 | 29,6 | 49,4 | 43,8 | 38,9 | 32,5 | 45,1 | 33,5 | 52,8 | 46,7 | 46,0 |

Таблица 6.41

Площади обезлесения при частичной потере почвенного органического вещества по категориям земель, покрытых лесной растительностью (тыс. га)

| Категории земель, покрытых лесной растительностью | Тип лесной растительности | Потери органического вещества почвы | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2007 | 2009 | 2010 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|---------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Управляемые | леса | полные | 8,2 | 5,4 | 4,0 | 1,9 | 2,0 | 4,0 | 1,1 | 2,4 | 1,2 | 13,2 | 2,4 | 3,8 | 3,4 | 6,8 | 1,1 | 15,5 | 5,6 | 3,5 |
| | | частичные | 32,5 | 19,1 | 11,7 | 9,3 | 9,9 | 11,2 | 4,8 | 6,6 | 7,8 | 14,5 | 6,3 | 4,7 | 4,8 | 8,0 | 2,9 | 14,6 | 8,5 | 5,3 |
| | кустарники | полные | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,5 | 0,2 | 0,1 |
| | | частичные | 2,2 | 1,6 | 1,0 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,3 | 0,6 | 1,1 | 0,2 |
| | всего | полные | 8,8 | 5,9 | 4,4 | 2,1 | 2,1 | 4,4 | 1,2 | 2,6 | 1,3 | 13,2 | 2,4 | 3,8 | 3,4 | 7,3 | 1,1 | 16,1 | 5,8 | 3,6 |
| | | частичные | 34,7 | 20,8 | 12,7 | 10,1 | 10,7 | 12,2 | 5,2 | 7,1 | 8,4 | 14,6 | 6,4 | 4,8 | 4,8 | 8,4 | 3,2 | 15,2 | 9,6 | 5,5 |
| Неуправляемые | леса | полные | 2,2 | 1,7 | 1,6 | 0,9 | 0,9 | 1,4 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 1,9 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 2,4 | 0,3 | 4,3 | 1,9 | 0,9 |
| | | частичные | 8,7 | 6,2 | 4,6 | 4,1 | 4,4 | 3,8 | 1,6 | 2,2 | 2,6 | 2,4 | 1,2 | 0,8 | 0,8 | 2,3 | 0,5 | 4,1 | 1,9 | 1,5 |
| | кустарники | полные | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,0 |
| | | частичные | 0,9 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,1 | 0,0 |
| | всего | полные | 2,4 | 1,9 | 1,7 | 0,9 | 1,0 | 1,5 | 0,4 | 0,9 | 0,5 | 2,0 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 2,8 | 0,3 | 4,5 | 2,0 | 1,0 |
| | | частичные | 9,6 | 6,9 | 5,0 | 4,5 | 4,8 | 4,3 | 1,8 | 2,5 | 3,0 | 2,5 | 1,2 | 0,8 | 0,8 | 2,6 | 0,5 | 4,4 | 2,0 | 1,5 |
| Всего | | | 55,6 | 35,4 | 23,9 | 17,6 | 18,6 | 22,4 | 8,6 | 13,2 | 13,1 | 32,3 | 10,4 | 10,1 | 9,6 | 21,1 | 5,1 | 40,1 | 19,4 | 11,6 |

Таблица 6.42

Средние величины запасов углерода в различных пулах, используемые в расчетах потерь при обезлесении в Российской Федерации

| Год | Начальный запас (до конверсии), т С/га | | | | | Конечный запас (после конверсии)*, т С/га |
|--|--|--------------------|--------|-----------|--------|---|
| | надземная биомасса | подземная биомасса | дебрис | подстилка | почва | почва при частичном окислении |
| Покрытые лесом земли | | | | | | |
| 1990 | 36,01 | 9,85 | 9,07 | 8,11 | 96,27 | 90,40 |
| 1995 | 36,38 | 10,16 | 9,22 | 8,55 | 97,57 | 91,62 |
| 2000 | 36,55 | 10,14 | 9,25 | 8,56 | 97,37 | 91,43 |
| 2005 | 36,80 | 10,18 | 9,28 | 8,60 | 97,54 | 91,59 |
| 2010 | 36,99 | 9,68 | 9,28 | 8,39 | 96,30 | 90,42 |
| 2014 | 36,81 | 9,60 | 9,21 | 8,38 | 96,38 | 90,50 |
| 2015 | 36,77 | 9,58 | 9,19 | 8,38 | 96,39 | 90,51 |
| 2016 | 36,75 | 9,58 | 9,17 | 8,37 | 96,43 | 90,54 |
| 2017 | 36,75 | 9,58 | 9,17 | 8,37 | 96,43 | 90,54 |
| 2018 | 36,75 | 9,58 | 9,17 | 8,37 | 96,43 | 90,54 |
| 2019 | 36,75 | 9,58 | 9,17 | 8,37 | 96,43 | 90,54 |
| 2020 | 36,75 | 9,58 | 9,17 | 8,37 | 96,43 | 90,54 |
| 2021 | 36,75 | 9,58 | 9,17 | 8,37 | 96,43 | 90,54 |
| 2022 | 36,75 | 9,58 | 9,17 | 8,37 | 96,43 | 90,54 |
| 2023 | 36,75 | 9,58 | 9,17 | 8,37 | 96,43 | 90,54 |
| Земли, покрытые кустарниковой растительностью | | | | | | |
| 1990 | 5,94 | 11,90 | 3,85 | 3,38 | 146,59 | 145,29 |
| 1995 | 5,75 | 11,14 | 3,60 | 3,61 | 145,24 | 143,94 |
| 2000 | 5,80 | 10,93 | 3,56 | 3,71 | 144,41 | 143,11 |
| 2005 | 5,94 | 10,90 | 3,59 | 3,73 | 144,59 | 143,29 |
| 2010 | 5,89 | 10,94 | 3,65 | 3,85 | 144,39 | 143,09 |
| 2014 | 5,20 | 8,86 | 3,00 | 3,95 | 142,96 | 141,66 |
| 2015 | 5,20 | 8,87 | 3,00 | 3,95 | 142,96 | 141,66 |
| 2016 | 5,21 | 8,85 | 3,00 | 3,97 | 142,83 | 141,53 |
| 2017 | 5,21 | 8,85 | 3,00 | 3,97 | 142,83 | 141,53 |
| 2018 | 5,21 | 8,85 | 3,00 | 3,97 | 142,83 | 141,53 |
| 2019 | 5,21 | 8,85 | 3,00 | 3,97 | 142,83 | 141,53 |
| 2020 | 5,21 | 8,85 | 3,00 | 3,97 | 142,83 | 141,53 |
| 2021 | 5,21 | 8,85 | 3,00 | 3,97 | 142,83 | 141,53 |
| 2022 | 5,21 | 8,85 | 3,00 | 3,97 | 142,83 | 141,53 |
| 2023 | 5,21 | 8,85 | 3,00 | 3,97 | 142,83 | 141,53 |

*Конечный запас углерода всех пулов, кроме почв при частичном окислении углерода, принят равным нулю.

В таблицах ОТО прямые выбросы N_2O от всех типов земель, переведенных в земли поселений, суммированы и приведены в подкатегории 4(III) Прямые выбросы N_2O от минерализации/иммобилизации азота (Direct N_2O emission from N mineralization/immobilization) раздела 4.Е.2. Косвенные выбросы N_2O , в сумме по всем типам земель приведены в категории ОТО 4(IV) Косвенные выбросы N_2O от управляемых земель.

Выбросы CO_2 , CH_4 и N_2O от осушения органических почв при переводе лесных земель в земли поселений. В настоящем кадастре выполнена оценка выбросов ПГ от осушения органических почв при переводе лесных земель в земли поселений. Площади осушенных органогенных почв и соответствующие им выбросы N_2O и CH_4 представлены в таблице 6.43.

Таблица 6.43

Площади осушенных земель и выбросы парниковых газов от органогенных почв при переводе лесных земель в земли поселений

| Годы | Куммулятивная площадь осушенных органогенных почв, тыс. га | CH ₄ , тыс. т | N ₂ O, тыс. т | CO ₂ , тыс. тонн |
|------|--|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1990 | 0,88 | 0,01 | 0,00 | 3,14 |
| 1995 | 3,88 | 0,05 | 0,01 | 14,15 |
| 2000 | 5,83 | 0,08 | 0,02 | 21,72 |
| 2005 | 7,17 | 0,10 | 0,03 | 27,10 |
| 2010 | 8,35 | 0,12 | 0,03 | 31,84 |
| 2014 | 12,5 | 0,13 | 0,04 | 35,5 |
| 2015 | 13,2 | 0,14 | 0,04 | 37,3 |
| 2016 | 13,4 | 0,14 | 0,04 | 37,9 |
| 2017 | 13,6 | 0,14 | 0,04 | 38,4 |
| 2018 | 13,8 | 0,15 | 0,04 | 39,0 |
| 2019 | 14,3 | 0,15 | 0,04 | 40,2 |
| 2020 | 14,4 | 0,15 | 0,04 | 40,5 |
| 2021 | 15,2 | 0,16 | 0,04 | 42,7 |
| 2022 | 15,6 | 0,17 | 0,05 | 43,8 |
| 2023 | 15,8 | 0,17 | 0,05 | 44,5 |

Для оценки площадей органогенных почв использована средняя доля площади земель с избыточным увлажнением от общей площади лесов в среднем по РФ, которая составляет 21,7% (Сирин, 2001). Для оценки общей площади органогенных почв лесных земель, переведенных в поселения, ежегодные площади обезлесения умножались на долю органических почв в лесах.

Учитывая, что осушение избыточно увлажненных почв при строительстве объектов линейной инфраструктуры происходит крайне редко ввиду дороговизны этой деятельности, в России, как правило, осушение не применяется. Строительные нормы предусматривают более дешевые варианты: обход таких земель, строительство дорожного и/или железнодорожного полотна на сваях, эстакадах, погружение газо- и нефтепроводов на дно водоемов. В крайних случаях предполагается отсыпка грунтом избыточно-увлажненных земель на протяжении автодорожного и/или железнодорожного полотна. При этом исходный торфяной грунт не изымается, а оттесняется искусственно насыпным грунтом в стороны. На основании этого было принято консервативное допущение, что в 10% случаев органогенные почвы при обезлесении осушаются. Эта величина была использована в расчетах.

Ежегодные выбросы CO₂, CH₄ и N₂O рассчитаны согласно формулам и пересчетным коэффициентам, представленным в методологии (IPCC, 2013):

$$CO_{2_organic} = A_{осуш} * EF * 44/12 \quad (6.38)$$

где: CO₂_organic – выбросы CO₂ от осушенных почв, тонн CO₂;

A_{осуш} – площадь осушенных почв, га;

EF – коэффициент выброса CO₂ от осушенных почв, тонн C га⁻¹ год⁻¹ (использовано среднее значение между коэффициентами по умолчанию для бедных и богатых органогенных почв лесов бореальной зоны, равное 0,71 тонн C га⁻¹ год⁻¹).

$$N_{2}O_{_organic} = A_{осуш} * EF_{N_2O} * 44/28 \quad (6.39)$$

где: N₂O_organic – выбросы N₂O от осушенных почв, кг N₂O;

Аосуш – площадь осушенных почв, га;

EFN_{N₂O} – коэффициент выброса N₂O от осушенных почв, кг N- N₂O га⁻¹ год⁻¹ (среднее значение между коэффициентами по умолчанию для бедных и богатых питательными веществами почв лесных земель бореальной зоны равно 1,71 кг N- N₂O га⁻¹ год⁻¹).

Оценка выбросов CH₄ от осушенных органогенных почв выполняется по формуле:

$$CH_4_{organic} = Aocyu * (1 - Frac_{ditch}) * EF_{land} + Aocyu * Frac_{ditch} * EF_{ditch} \quad (6.40)$$

где: CH₄_{organic} – выбросы метана, кг CH₄;

Аосуш – площадь осушенных почв, га;

Frac_{ditch} – доля общей площади под осушительными каналами, не имеет размерности;

EF_{land} – коэффициент выбросов для участков, не занятых осушительными каналами, кг CH₄ га⁻¹ год⁻¹;

EF_{ditch} – коэффициент выбросов для осушительных канав, кг CH₄ га⁻¹ год⁻¹.

Использовались следующие коэффициенты для лесов бореальной зоны (среднее между параметрами по умолчанию для бедных и богатых питательными веществами органогенных почв):

Frac_{ditch} = 0,025 CH₄ кг га⁻¹ год⁻¹;

EF_{land} = 4,5 CH₄ кг га⁻¹ год⁻¹.

EF_{ditch} = 217 CH₄ кг га⁻¹ год⁻¹.

В таблицах ОТО выбросы CH₄ и N₂O приведены в таблице 4(II) Выбросы и поглощение от осушения и обводнения и другого управления органическими и минеральными почвами.

6.3.5.2.1.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

Точность выполненного кадастра определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Оценка неопределенности расчетов лесных земель, переустроенных в земли поселений, выполнена на основе подхода 1 МГЭИК. Неопределенность оценок площадей переведенных лесных земель в земли поселений принята ±10%. Для оценок выбросов ПГ при обезлесении используется средний запас углерода в пулах биомассы, мертвой древесины, подстилки и почвы на 1 га. Неопределенность оценок запасов углерода в пулах биомассы ±20%, мертвой древесины составила ±32%, в пуле подстилки – ±62%, в пуле почвы – ±65% (Замолодчиков и др., 2013).

Неопределенность оценки прямого и косвенного выброса N₂O оценивалась в соответствии с диапазонами неопределенностей всех использованных по умолчанию параметров и коэффициентов расчета (см. таблицы 11.1 и 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)). Объединенная неопределенность соответствует величине ±182,72%.

Неопределенность оценок потерь углерода и выбросов CH₄ и N₂O оценивается на основе диапазонов 95% доверительных интервалов по умолчанию, представленных в руководстве МГЭИК. Объединенная неопределенность соответствует величине ±48,7%.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.5.2.1.4 Обеспечение и контроль качества

В соответствии с рекомендациями МГЭИК, все планируемые и выполненные усовершенствования расчетов изменений запасов углерода на лесных землях, переведенных в земли поселений, проходят соответствующее независимое рецензирование. В частности, результаты усовершенствований, выполненных в настоящем кадастре, были доложены в 2013 г. на Международной научно-практической конференции «Инновации и технологии в лесном хозяйстве – 2013», г. Санкт-Петербург, 21-23 мая 2013 г.; в 2014 г. – на IV Международной научно-практической конференции, 27-28 мая 2014 г., Санкт-Петербург; в 2015 г. соответствующие материалы были представлены на Международной конференции «Soil Interfaces For

Sustainable Development», 5-10 июля 2015, Канада и Международной конференции «5th International Symposium on Soil Organic Matter 2015», сентябрь 20 – 24, 2015, Германия.

6.3.5.2.1.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

К данной категории также следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.5.2.3– Прочие земли, переустроенные в поселения (раздел 4.Е.2 ОТО)

6.3.5.2.3.1 Характеристика подкатегории

В кадастре выполнены оценки изменения запасов углерода при переводе прочих земель в земли поселений. Результаты приведены в таблице 6.44.

6.3.5.2.3.2 Методология сбора данных и расчетов

Изменения запасов углерода в биомассе растений на прочих землях, переустроенных в земли поселений. Для резервуара углерода живой биомассы было принято, что перевод земель категории «Прочие земли» выполняется в земли под застройками, строениями, дорогами, зелеными зонами. Для консервативной оценки принято, что формирование городских лесов на переведенных территориях не производится.

Таблица 6.44

Площади прочих земель, переустроенных в земли поселений и изменения запасов углерода на них

| Годы | Площади, тыс. га | | Почвенный органический углерод, тыс. тонн С в год | | | Углерод биомассы, тыс. тонн С в год |
|------------------|---------------------|---------------------|---|------------|--------|-------------------------------------|
| | Кумулятивная оценка | Ежегодное изменение | Потери | Накопление | Баланс | |
| 1990-2009 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| 2010 | 71,4 | 71,4 | 0 | 2848,5 | 2848,5 | 60,7 |
| 2011 | 74,8 | 3,4 | 0 | 134,1 | 134,1 | 2,9 |
| 2012-2013 | 74,8 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| 2014 | 77,4 | 2,6 | 0 | 102,2 | 102,2 | 2,2 |
| 2015-2023 | 77,4 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |

Используемая методология соответствует Уровню 1 (МГЭИК, 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов биомассы надземной и подземной частей до и после конверсии. Период конверсии принят равным 1 году, т.к. в течение первого года конверсии формируется покрытие данной территории: строительство и «запечатывание» грунта или формирование зеленой зоны, покрытие газоном и высадка культурных растений (см. раздел 6.3.5.2.2.2).

Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии приняты равными нулю. Согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых растительность отсутствует.

Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии рассчитаны по среднему соотношению «закрытых» и открытых территорий на землях поселений (см. раздел 6.3.5.2.2.2). Для запечатанных территорий конечный запас углерода биомассы принят равным нулю. Для открытых территорий конечный запас углерода биомассы определен по данным среднего запаса углерода газонной травы (многолетние злаки), включая надземную и подземную биомассу. При этом в надземной биомассе рассматривается только стерня, т.к. газоны постоянно подвергаются кошению. Используя регрессионные зависимости по оценке количества биомассы от урожайности (Левин, 1977) рассчитали средние запасы стерни и корней.

Средняя урожайность многолетних трав определена по статистическим данным (многолетние посевные травы на сено, ц/га) за период с 1990 г. (Росстат, rosstat.gov.ru). Эта величина соответствует 16,8 ц/га. Соответственно, используя уравнения таблицы 6.16 и содержание углерода 0,45, определены средние запасы углерода в корнях и стерне – 10,962 и 4,203 ц С/га соответственно. Суммарные запасы равны 1,5165 тонн С/га.

Учитывая среднее соотношение закрытых и открытых зон на землях поселений (44% и 56% соответственно – см. раздел 6.3.5.2.2.2 выше), определен средний коэффициент запаса углерода биомассы на землях поселений 0,8492 тонн С/га. Это значение было использовано в расчетах.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе других земель, переустроенных в земли поселений. Учитывая, что до и после конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует (см. разделы 6.2.6.2.1.2 и 6.2.5.1.2) в соответствующих ячейках таблиц ОТО использован стандартный указатель «NA».

Изменения запасов углерода в почвах других земель, переустроенных в земли поселений. Оценки изменения запасов углерода в почвах других земель, переустроенных в земли поселений, выполнены в соответствии с методикой и коэффициентами, разработанными для категории пахотных земель, переустроенных в земли поселений (см. раздел 6.3.5.2.2.2). Принято, что запасы углерода почв до конверсии были равны нулю, т.к. согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых гумусовый горизонт почв отсутствует.

Конечный запас углерода почв поселений после конверсии оценивается по соотношению закрытых зон поселений (с нулевым запасом углерода в почвах) и открытых зон (средний запас углерода почв равен 71,67 тонн С/га для слоя 0-25 см): 44% и 56%, соответственно.

Период конверсии принят равным одному году (см. раздел 6.3.5.2.2.2).

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на Других землях, переведенных в земли поселений. Оценка выбросов N_2O от почв при конверсии Других земель в земли поселений не производилась, т.к. минерализации почвенного органического вещества (т.е. потеря) при данной конверсии не происходит.

6.3.5.2.3.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

В кадастре выполнена оценка неопределенности при оценке изменений запасов углерода биомассы и почвы при конверсии других земель в земли поселений. Для этого использованы полученные ранее параметры по среднему запасу углерода биомассы поселений с неопределенностью $\pm 24,04\%$ и среднего запаса углерода почв поселений с неопределенностью $\pm 41,54\%$ (см. раздел 6.3.5.2.2.3 выше). В соответствии с уровнем 1 МГЭИК объединенная неопределенность оценки по резервуару биомассы составляет $\pm 26,04\%$ и по резервуару почв $\pm 47,99\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.5.2.3.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра. Методика и результаты оценок выбросов и поглощения ПГ по данной категории были доложены на VI Всероссийской научной конференции с международным участием «Гуминовые вещества в биосфере» (Романовская, 2014).

6.3.5.2.3.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В кадастре 2024 года перерасчет для данной категории не проводилось. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.5.2.4– Луговые угодья, переустроенные в поселения (раздел 4.F.2 ОТО)

6.3.5.2.1.1 Характеристика подкатегории

В настоящем кадастре представлены оценки изменений запасов углерода при конверсии земель из категории «Луговые угодья» в земли поселений. Согласно матрице земель, данные виды конверсии были зафиксированы за 2012, 2013, 2015-2023 годы. Результаты расчетов приведены в таблице 6.45.

Таблица 6.45

Площади луговых угодий, переустроенных в земли поселений, изменения запасов углерода и выбросы парниковых газов от них

| Годы | Площадь, тыс. га | | Углерод почвы, тыс. т С в год | | | Углерод биомассы, тыс. т С в год | Углерод мертвого органического вещества, тыс. т С в год |
|------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|------------|-----------------|----------------------------------|---|
| | Кумулятивная оценка | Ежегодное изменение | Потери | Накопление | Нетто-изменение | | |
| 1990–2009 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2012 | 33,1 | 33,1 | 1298,1 | -308,2 | -1606,3 | -208,7 | -195,9 |
| 2013 | 74,6 | 41,5 | 1627,2 | -386,3 | -2013,4 | -261,6 | -245,6 |
| 2014 | 74,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2015 | 217,7 | 143,1 | 5613,0 | -1332,5 | -6945,5 | -902,4 | -847,2 |
| 2016 | 236,2 | 18,6 | 727,9 | -172,8 | -900,7 | -117,0 | -109,9 |
| 2017 | 251,4 | 15,1 | 592,5 | -140,7 | -733,1 | -95,3 | -89,4 |
| 2018 | 274,2 | 22,9 | 896,5 | -212,8 | -1109,4 | -144,1 | -135,3 |
| 2019 | 274,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2020 | 285,3 | 11,0 | 432,5 | -102,7 | -535,1 | -69,5 | -65,3 |
| 2021 | 285,9 | 0,6 | 22,2 | -5,3 | -27,4 | -3,6 | -3,3 |
| 2022 | 330,6 | 44,7 | 1752,4 | -416,0 | -2168,5 | -281,7 | -264,5 |
| 2023 | 417,0 | 86,4 | 3390,3 | -804,8 | -4195,1 | -545,1 | -511,7 |

Таблица 6.46

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на луговых угодьях, переустроенных в земли поселений

| Годы | Прямой выброс, тыс. т | Косвенный выброс, тыс. т | Всего, тыс. т |
|------------------|-----------------------|--------------------------|---------------|
| 1990–2009 | 0 | 0 | 0 |
| 2012 | 1,4 | 0,3 | 1,7 |
| 2014 | 1,7 | 0,4 | 2,1 |
| 2015 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2016 | 5,9 | 1,3 | 7,2 |
| 2017 | 0,8 | 0,2 | 0,9 |
| 2018 | 0,6 | 0,1 | 0,8 |
| 2019 | 0,9 | 0,2 | 1,2 |
| 2020 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2021 | 0,5 | 0,1 | 0,6 |
| 2022 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2023 | 1,8 | 0,4 | 2,2 |

6.3.5.2.4.2 Методология сбора данных и расчетов

Согласно замечаниям группы экспертов по рассмотрению кадастра, были внесены правки в матрицу земель и получены переводы луговых угодий в земли поселений. Таким образом, были определены площади бывших пахотных угодий, переустроенные в земли поселений.

Оценка изменений запасов углерода на переведенных землях была выполнена на основе разницы запасов углерода пулов до и после конверсии.

Изменения запасов углерода в биомассе растений на луговых угодьях, переустроенных в земли поселений.

Для резервуара углерода живой биомассы было принято, что перевод луговых земель выполняется в земли под застройками, строениями, дорогами, зелеными зонами. Для консервативной оценки принято, что формирование городских лесов на переведенных территориях не производится.

Используемая методология соответствует Уровню 1 (МГЭИК, 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов биомассы надземной и подземной частей до и после конверсии. Период конверсии принят равным 1 году, т.к. в течение первого года конверсии формируется окончательное покрытие данной территории: строительство и «запечатывание» грунта или формирование зеленой зоны, покрытие газоном и высадка культурных растений (см. ниже).

Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии приняты равными 7,1 т С/га.

Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии рассчитаны по аналогии с расчетом при переводе пахотных земель в земли поселений.

Для расчета использовался средний коэффициент запаса углерода биомассы на землях поселений равный 0,8492 тонн С/га.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе луговых угодий, переустроенных в земли поселений. При переводе пахотных земель в земли поселений происходят полные потери углерода мертвого органического вещества, так как на землях поселений данный пул не формируется. Для расчета потерь углерода использовался коэффициент равный 5,9 т С/га.

Изменения запасов углерода в почвах луговых угодий, переустроенных в земли поселений. Оценка изменений запасов для резервуара почвенного органического углерода была выполнена по аналогии с оценкой, приведённой в разделе 6.3.5.2.2 –Пахотные земли, переустроенные в поселения. Средние запасы углерода почв луговых угодий приняты 88,41 т С/га (Титлянова, Тесаржова, 1991; Честных и др., 2004), средние запасы углерода почв поселений приняты равными 71,67 т С/га.

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества луговых угодий, переведенных в земли поселений. Оценка выбросов N_2O от почв при конверсии пахотных земель в земли поселений выполнялась в соответствии с уравнением 11.8 (МГЭИК, 2006). На основе данных баланса углерода в почвах луговых угодий, переведенных в земли поселений (см. выше) и соотношения C/N, принятым равным 10 по умолчанию (МГЭИК, 2006) было рассчитано количество минерализованного азота F_{SOM} и оценены соответствующие прямые выбросы.

Коэффициент прямого выброса N_2O принят равным по умолчанию и составляет 0,01 кг N_2O -N/кг N в соответствии с таблицей 11.1 (МГЭИК, 2006).

Для оценки соответствующего косвенного выброса N_2O при вымывании минерализованного азота использована фракция вымывания по умолчанию (30%) и коэффициент косвенного выброса N_2O при вымывании соединений азота из почв по умолчанию (0,0075 кг N_2O -N/кг N) в соответствии с таблицей 11.3 (МГЭИК, 2006).

Результаты расчета прямого и косвенного выброса N_2O при конверсии луговых угодий в земли поселений приведены в таблице 6.46 выше.

В таблицах ОТО выбросы N_2O от всех типов земель, переведенных в земли поселений, суммированы и приведены в подкатегории 4(III) Прямые выбросы N_2O от минерализации/иммобилизации азота (Direct N_2O emission from N mineralization/immobilization) раздела 4.Е.2. Косвенные выбросы N_2O , в сумме по всем типам земель приведены в категории ОТО 4(IV) Косвенные выбросы N_2O от управляемых земель.

6.3.5.2.4.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

Оценка неопределенности расчетов изменений запасов углерода земель луговых угодий, переустроенных в земли поселений, выполнена на основе уровня 1 МГЭИК. Площади переведенных пахотных угодий в земли поселений получены косвенным путем, на основе составленной матрицы земель перевода. Поэтому неопределенность площадей принята равной в два

раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$). Соотношение городских и сельских населенных пунктов в стране определено по статистической информации с точностью $\pm 5\%$. По данным изученной литературы (см. раздел 6.3.5.2.2.2), неопределенность соотношения открытых территорий и «запечатанных» грунтов в городах составляет $\pm 12,5\%$ и в два раза больше для сельских поселений ($\pm 25\%$). Соответственно, совокупные доли переведенных земель в открытые территории рассчитаны с точностью $\pm 21,86\%$, а в «запечатанные» $\pm 11,99\%$.

Для определения средних запасов углерода биомассы земель поселений применены регрессионные уравнения Левина, неопределенность оценки по которым равна $\pm 10\%$ (см. раздел 5 настоящего доклада). Совокупная неопределенность среднего коэффициента по запасам углерода биомассы рассчитана по уровню 1 МГЭИК $\pm 24,04\%$.

По данным изученной литературы можно сделать вывод, что неопределенность содержания углерода в почвах поселений находится в пределах $\pm 40\%$, а величина объемной массы этих почв $\pm 34,07\%$ (анализ данных, использованных для усреднения). Таким образом, по расчету по уровню 1 МГЭИК точность определения запасов почвенного углерода в землях поселений равна $\pm 41,54\%$. На основе статистической обработки данных начального запаса углерода в луговых угодьях, использованных для усреднения, неопределенность средней оценивается $\pm 37,4\%$. Окончательная величина неопределенности расчетов выбросов по данной категории равна $\pm 143,55\%$.

Неопределенность оценки прямого и косвенного выброса N_2O оценивалась в соответствии с диапазонами неопределенностей всех использованных по умолчанию параметров и коэффициентов расчета (см. таблицы 11.1 и 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)). Объединенная неопределенность соответствует величине $\pm 182,72\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.5.2.4.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.3.5.2.4.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

К данной категории также следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.5.3 Сжигание биомассы на землях поселений (раздел 4.V ОТО)

Законодательством РФ любые виды сжигания, включая сжигание биомассы и/или органических отходов, в черте любых населенных пунктов запрещены. Поэтому в соответствующих таблицах ОТО использовано условное обозначение «NO».

6.3.6 Прочие земли (раздел 4.F ОТО)

6.3.6.1 Прочие земли, остающиеся другими землями (раздел 4.F.1 ОТО)

Согласно рекомендациям (МГЭИК, 2006), стр. 9.4, выбросы ПГ и изменения запасов углерода для категории «прочие земли, остающиеся другими землями» не производится, т.к. предполагается, что это типично неуправляемые земли. В площадь прочих земель также включены площади тундр, но поскольку тундровые экосистемы малопродуктивные, то они также не оцениваются. Площадь тундр в РФ является постоянной и составляет 117178,9 тыс. га.

6.3.6.2 Земли, преобразованные в категорию прочие земли (раздел 4.F.2 ОТО)**6.3.6.2.1 – Пахотные земли, преобразованные в категорию прочие земли****6.3.2.1.1 Характеристика подкатегории**

В кадастре выполнены оценки изменения запасов углерода при переводе пахотных земель в категорию прочие земли. Результаты приведены в таблице 6.47.

Таблица 6.47

Площади пахотных земель, переустроенных в прочие земли и изменения запасов углерода на них

| Годы | Площади, тыс. га | | Углерод в органическом веществе почвы, тыс. тонн С в год | | |
|-------------|---------------------|---------------------|--|------------|---------|
| | Кумулятивная оценка | Ежегодное изменение | Потери | Накопление | Баланс |
| 1990 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1995 | 456,97 | 91,393 | 5086,4 | 0,0 | -5086,4 |
| 2000 | 913,93 | 91,393 | 5086,4 | 0,0 | -5086,4 |
| 2005 | 1370,90 | 91,393 | 5086,4 | 0,0 | -5086,4 |
| 2009 | 1736,47 | 91,393 | 5086,4 | 0,0 | -5086,4 |
| 2010 | 1736,47 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2014 | 1370,90 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2015 | 1279,51 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2016 | 1188,11 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2017 | 1096,72 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2018 | 1005,33 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2019 | 913,93 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2020 | 822,54 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2021 | 731,15 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2022 | 639,75 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2023 | 548,36 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Прямые и косвенные выбросы N₂O при минерализации почвенного органического вещества на землях пахотных угодий, переведенных в прочие земли, приведены в таблице 6.48.

Таблица 6.48

Выбросы N₂O при минерализации почвенного органического вещества на пахотных землях, переустроенных в прочие земли

| Годы | Прямой выброс | Косвенный выброс | Всего |
|------------------|---------------|------------------|-------|
| 1990 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1995 | 7,99 | 1,80 | 9,79 |
| 2000 | 7,99 | 1,80 | 9,79 |
| 2005 | 7,99 | 1,80 | 9,79 |
| 2008 | 7,99 | 1,80 | 9,79 |
| 2009 | 7,99 | 1,80 | 9,79 |
| 2010-2023 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

6.3.6.2.1.2 Методология сбора данных и расчетов

Изменения запасов углерода в биомассе пахотных земель, переустроенных в прочие земли. Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии приняты равными нулю. Принято, что перевод земель выполняется на пахотных угодьях, используемых под однолетними культурами, таким образом, начальные запасы углерода биомассы равны нулю. Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии также приняты равными нулю. Согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых растительность отсутствует.

Учитывая, что до и после конверсии резервуар углерода биомассы на рассматриваемых землях отсутствует, в соответствующих ячейках таблиц ОТО использован стандартный указатель «NA».

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе пахотных земель, переустроенных в прочие земли. Как указано в разделе 6.2.2.1.2, исследование методов ведения хозяйства на пахотных землях в РФ подтверждает допущение о невозможности формирования многолетнего пула мертвого органического вещества: на посевных площадях однолетних культур мертвое органическое вещество не накапливается вследствие ежегодной вспашки; на площадях под многолетними культурами проводится ежегодная обработка, включая сбор опада, вспашку междурядий и рыхление почвы. Очевидно, что перевод земель выполняется на пахотных угодьях, используемых под однолетними культурами, таким образом, начальные запасы углерода мертвого органического вещества равны нулю.

После конверсии запасы углерода в мертвом органическом веществе также равны нулю: согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых растительность отсутствует.

Учитывая, что до и после конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует, в соответствующих ячейках таблиц ОТО использован стандартный указатель «NA».

Изменения запасов углерода в почвах пахотных земель, переустроенных в прочие земли. Оценки изменения запасов углерода в почвах пахотных земель, переустроенных в прочие земли, выполнены в соответствии с методикой и коэффициентами, разработанными для категории пахотных земель, переустроенных в земли поселений (см. раздел 6.2.5.2.2.3).

Запасы углерода почв до конверсии были определены по данным справочников и обзоров литературы и результатам собственных исследований (Болотина, 1976; Соколов, Розов, 1976; Кононова, 1984; Орлов, Бирюкова, 1995; Орлов и др., 1996; Рожков и др., 1997; Орлов, 1999; Nilsson et al., 2000; Замолотчиков и др., 2005; Романовская, 2008). Средневзвешенное значение (разные типы почв, разные регионы России) для пахотного горизонта (0-25см) соответствует величине 55,65 тонн С/га. Эта величина была использована в качестве начального состояния почв перед конверсией.

Конечный запас углерода почв других земель после конверсии оценивается равным нулю, т.к. согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых гумусовый горизонт почв отсутствует. Бывшие пахотные угодья переводятся в прочие земли в случае сильной деградации или нарушений почвенного покрова.

Период конверсии принят равным одному году. Результаты расчета приведены в таблице 6.47.

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на пахотных землях, преобразованных в прочие земли. Оценка выбросов N_2O от почв при конверсии пахотных земель в прочие земли выполнялась в соответствии с уравнением 11.8 (МГЭИК, 2006). На основе данных баланса углерода в почвах пахотных земель, переведенных в прочие земли (см. выше) и соотношения С/Н, принятым равным 10 по умолчанию (МГЭИК, 2006) было рассчитано количество минерализованного азота F_{SOM} и оценены соответствующие прямые выбросы.

Коэффициент прямого выброса N_2O принят равным по умолчанию и составляет 0,01 кг $N_2O-N/kg\ N$ в соответствии с таблицей 11.1 (МГЭИК, 2006).

Для оценки соответствующего косвенного выброса закиси азота при вымывании минерализованного азота использована фракция вымывания по умолчанию (30%) и коэффициент косвенного выброса N_2O при вымывании соединений азота из почв по умолчанию (0,0075 кг $N_2O-N/kg\ N$) в соответствии с таблицей 11.3 (МГЭИК, 2006).

Результаты расчета прямого и косвенного выброса N_2O при конверсии пахотных земель в прочие земли приведены в таблице 6.48 выше.

В таблицах ОТО выбросы N_2O от всех типов земель, переведенных в прочие земли, суммированы и приведены в подкатегории 4(III) Прямые выбросы N_2O от минерализации/иммобилизации азота (Direct N_2O emission from N mineralization/immobilization) раздела 4.F.2. Косвенные выбросы N_2O , в сумме по всем типам земель приведены в категории ОТО 4(IV) Косвенные выбросы N_2O от управляемых земель.

6.3.6.2.1.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

В кадастре выполнена оценка неопределенности изменений запасов углерода при конверсии пахотных земель в прочие земли. Площади переведенных земель в прочие земли получены на основе составленной матрицы конверсии земель. Поэтому неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$).

Объединенная неопределенность потерь углерода почв при конверсии пахотных земель в прочие земли рассчитана равной $\pm 22,36\%$.

Неопределенность оценки прямого и косвенного выброса N_2O оценивалась в соответствии с диапазонами неопределенностей всех использованных по умолчанию параметров и коэффициентов расчета (см. таблицы 11.1 и 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)). Объединенная неопределенность соответствует величине $\pm 182,72\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.6.2.1.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра. Использованные методические подходы прошли независимое рецензирование в результате публикации соответствующей научной статьи (Романовская и др., 2014).

6.3.6.2.1.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

К данной категории также следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.6.2.2 Неуправляемые луговые земли, переустроенные в другие земли (раздел 4.F.2 ОТО)

6.3.6.2.2.1 Характеристика подкатегории

В кадастре представлены оценки изменений запасов углерода при конверсии земель из категории «Неуправляемые луговые угодья» в другие земли. Согласно матрице земель, такой перевод земель зафиксирован только в 2021 году. Потери почвенного углерода при переводе луговых угодий в пахотные земли оценены в 221,8 тыс. т С, живой биомассы и мортмассы в 18,0 и 14,9 тыс. тонн соответственно.

Прямые и косвенные выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на землях неуправляемых луговых угодий, переведенных в другие земли, составляют 0,2 и 0,05 тыс. тонн N_2O соответственно.

6.3.6.2.2.2 Методология сбора данных и расчетов

Изменения запасов углерода в биомассе растений на неуправляемых луговых угодьях, переустроенных в другие земли. Используемая методология соответствует Уровню 1 (Руководящие принципы..., 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов биомассы надземной и подземной частей до и после конверсии. Период конверсии принят равным 1 году.

Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии определены в соответствии с данными таблицы 6.46 выше. Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии равны нулю. Поэтому были рассчитаны полные потери запасов биомассы луговых угодий при их конверсии.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе неуправляемых луговых угодий, переустроенных в другие земли. Запасы углерода в резервуаре мортмассы до конверсии определены в соответствии с данными таблицы 6.46 выше.

Учитывая, что после конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует, были определены полные потери углерода из данного резервуара.

Изменения запасов углерода в почвах неуправляемых луговых угодий, переустроенных в другие земли. Оценки изменения запасов углерода в почвах неуправляемых луговых угодий, переустроенных в другие земли, выполнены в соответствии с методикой Уровня 1 (Руководящие принципы..., 2006) по оценке разницы средних запасов углерода почв до и после конверсии.

Принято, что запасы углерода почв после конверсии были равны нулю, т.к. согласно определению, категория «другие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых гумусовый горизонт почв отсутствует.

Начальный запас углерода почв неуправляемых луговых угодий до конверсии был определен по данным литературы. Так, по данным (Честных и др., 2004) на исследованных луговых угодьях РФ авторами были определены следующие запасы органического углерода почв в слое 0-30 см: 93 ± 9 т С/га, 119 ± 14 , 77 ± 5 , 108 ± 10 и 156 ± 23 т С/га; в слое 0-50 см. эти запасы соответствовали: 127 ± 13 , 173 ± 28 , 105 ± 7 , 139 ± 14 и 205 ± 33 т С/га. В исследовании (Титлянова, Тесаржова, 1991) получены запасы почвенного углерода в слое 0-50 см: сухая степь 1 – 40,6 т С/га; сухая степь 2 – 53,2; настоящая степь 3 – 78,9; настоящая степь 4 – 36,5; луговая степь 5 – 134,6; луговая степь 6 – 136,9; остепненный луг 7 – 137,2; и мезофитный луг 8 – 190,1 т С/га. Используя среднее соотношение по запасам углерода в слоях 30 и 50 см верхнего горизонта почв, полученные по данным (Честных и др., 2004) (73,8%), можно рассчитать запасы органического углерода в слое 0-30 см, исследованных в (Титлянова, Тесаржова, 1991): 1 – 30,0; 2 – 39,3; 3 – 58,2; 4 – 27,0; 5 – 99,3; 6 – 101,0; 7 – 101,3 и 8 – 140,3 т С/га. На основании всех имеющихся данных было рассчитано среднее значение запасов углерода почв неуправляемых луговых угодий, которое равно $88,4 \pm 45,82$ т С/га. Эта величина была использована в качестве начального запаса углерода почв до конверсии.

Период конверсии принят равным одному году.

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на неуправляемых луговых угодьях, преобразованных в другие земли. Оценка выбросов N_2O от почв при конверсии неуправляемых луговых земель в другие земли выполнялась в соответствии с уравнением 11.8 (Руководящие принципы..., 2006). На основе данных баланса углерода в почвах луговых земель, переведенных в другие земли (см. выше) и соотношения C/N, принятым равным 15 по умолчанию (Руководящие принципы..., 2006) было рассчитано количество минерализованного азота F_{SOM} и оценены соответствующие прямые выбросы.

Коэффициент прямого выброса N_2O принят равным по умолчанию и составляет 0,01 кг N_2O -N/кг N в соответствии с таблицей 11.1 (Руководящие принципы..., 2006).

Для оценки соответствующего косвенного выброса закиси азота при вымывании минерализованного азота использована фракция вымывания по умолчанию (30%) и коэффициент косвенного выброса N_2O при вымывании соединений азота из почв по умолчанию (0,0075 кг N_2O -N/кг N) в соответствии с таблицей 11.3 (Руководящие принципы..., 2006).

В таблицах ОТО выбросы N_2O от всех типов земель, переведенных в другие земли, суммированы и приведены в подкатегории 4(III) Прямые выбросы N_2O от минерализации/иммобилизации азота (Direct N_2O emission from N mineralization/immobilization) раздела 4.F.2. Косвенные выбросы N_2O , в сумме по всем типам земель приведены в категории ОТО 4(IV) Косвенные выбросы N_2O от управляемых земель.

6.3.6.2.2.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

Площади переведенных земель в другие земли получены на основе составленной матрицы конверсии земель. Поэтому неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$).

Оценка изменения запасов углерода биомассы, мортмассы и почвы при конверсии неуправляемых луговых угодий в другие земли выполнена на основании полученных ранее параметров по среднему запасу углерода биомассы лугов с неопределенностью $\pm 43,83\%$ (см. табл. 6.46), среднему запасу углерода мертвого органического вещества с неопределенностью $\pm 44,08\%$ (см. табл. 6.46) и среднего запаса углерода почв луговых земель с неопределенностью $\pm 45,82\%$.

Неопределенность расчета прямых и косвенных выбросов закиси азота при минерализации почвенного органического вещества в результате изменения землепользования приняты равными неопределенностям, определенным в секторе сельского хозяйства (см. раздел 5.11 настоящего доклада): $\pm 141,2\%$ для прямого выброса и $\pm 46,5\%$ для косвенного выброса при вымывании соединений азота. Суммарный выброс N_2O при минерализации почвенного органического вещества, таким образом, оценивается с неопределенностью $\pm 182,7\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.6.2.2.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.3.6.2.2.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок.

6.3.6.2.3 – Водно-болотные угодья, преобразованные в категорию прочие земли

6.3.6.2.3.1 Характеристика подкатегории

В кадастре выполнены оценки изменения запасов углерода в биомассе, мортмассе и почвах водно-болотных угодий, переустроенных в категорию прочие земли. Оценены также выбросы метана и N_2O , происходящие в результате осушения органогенных почв, а также спуска водохранилищ (согласно данным Росводресурса, осушение водохранилищ зафиксировано только в 2012 и 2013 гг. в Алтайском крае, при этом площади переведенных земель составили 0,6 и 0,7 тыс. га соответственно). Результаты приведены в таблице 6.49.

6.3.6.2.3.2 Методология сбора данных и расчетов

Изменения запасов углерода в биомассе водно-болотных угодий, переустроенных в прочие земли. Для оценки изменений запаса углерода в биомассе водно-болотных земель, преобразованных в прочие земли, использовали методологию Уровня 1 (МГЭИК, 2006) по разнице средних запасов биомассы надземной и подземной частей до и после конверсии. Период конверсии принят равным 1 году.

Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии приняты равными нулю. Согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых растительность отсутствует.

Таблица 6.49

Площади водно-болотных угодий, переустроенных в прочие земли, изменения запасов углерода и выбросы парниковых газов от них

| Годы | Площади, тыс. га | | Почва | | | Углерод биомассы, тыс. т С в год | Углерод мертвого органического вещества, тыс. т С в год |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|--|---|----------------------------------|---|
| | Кумулятивная оценка | Ежегодное изменение | Потери углерода, тыс. т С | Выбросы CH ₄ , тыс. т CH ₄ | Выбросы N ₂ O, тыс. т N-N ₂ O | | |
| 1990 – 2009 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2010 | 1,8 | 1,8 | 10,5 | 0,08 | 0,03 | -23,2 | -39,7 |
| 2014 | 186,7 | 155,4 | 904,6 | 8,15 | 2,79 | -2005,9 | -3431,6 |
| 2015 | 186,7 | 0,0 | 0,0 | 8,15 | 2,79 | 0,0 | 0,0 |
| 2016 | 189,7 | 3,1 | 17,8 | 8,28 | 2,83 | -38,7 | -66,2 |
| 2017 | 193,9 | 4,1 | 24,0 | 8,46 | 2,89 | -23,2 | -39,7 |
| 2018 | 194,3 | 0,4 | 2,3 | 8,48 | 2,90 | 0,0 | 0,0 |
| 2019 | 194,8 | 8,6 | 50,3 | 8,9 | 3,03 | -111,5 | -190,7 |
| 2020 | 194,3 | 0,0 | 0,0 | 8,5 | 2,90 | 0,0 | 0,0 |
| 2021 | 204,7 | 10,4 | 60,6 | 8,9 | 3,06 | -134,5 | -230,0 |
| 2022 | 204,9 | 0,2 | 1,3 | 8,9 | 3,06 | -2,8 | -4,8 |
| 2023 | 232,0 | 27,0 | 157,2 | 10,1 | 3,46 | -348,7 | -596,6 |

Средние запасы углерода до конверсии в надземной, и подземной биомассы болот были определены по национальным данным экспериментального исследования запасов фитомассы разных типов болот в разных биоклиматических зонах России (Базилевич, 1993) (табл. 6.50). В данной работе приводятся результаты исследования болот полярной зоны (15 ценозов), бореальной зоны (115 ценозов), суббореальной зоны (18 ценозов) и северной пустыни (3 ценоза). рпп сухого вещества фитомассы в запасы углерода использован стандартный переводной коэффициент 0,45 (Левин, 1977).

Таблица 6.50

Средние запасы фитомассы и мортмассы болотных ценозов Российской Федерации (по данным Базилевич, 1993)

| Показатели | Полярная зона | Бореальная зона | Суббореальная зона | Зона северных пустынь | среднее |
|---|---------------|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|
| Запасы общей фитомассы, тонн сух. в-ва/га | 22,9 | 41,2 | 17,9 | 32,7 | 28,7 |
| Запасы углерода фитомассы, тонн С/га | 10,3 | 18,5 | 8,1 | 14,7 | 12,9 |
| Неопределенность запаса углерода биомассы, $\pm\sigma$ % | $\pm 39,6$ | $\pm 108,6$ | $\pm 45,2$ | $\pm 12,9$ | $\pm 40,6$ |
| Запасы мортмассы, тонн сух. в-ва/га | 68,3 | 78,2 | 18,4 | 10,3 | 55,2 |
| Запасы углерода мортмассы, тонн С/га | 27,3 | 31,3 | 25,6 | 4,1 | 22,1 |
| Неопределенность запаса углерода мортмассы, $\pm\sigma$ % | $\pm 29,5$ | $\pm 4,2$ | $\pm 30,5$ | $\pm 26,1$ | $\pm 12,9$ |

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе водно-болотных угодий, переустроенных в прочие земли. Для оценки изменений запаса углерода в мертвом органическом веществе водно-болотных земель, преобразованных в прочие земли, использовали методологию Уровня 1 (МГЭИК, 2006) по разнице средних запасов мортмассы надземной и подземной частей до и после конверсии. Период конверсии принят равным 1 году.

Запасы углерода в резервуаре мертвого органического вещества после конверсии приняты равными нулю. Согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых растительность и мертвое органическое вещество отсутствуют.

Средние запасы углерода надземной и подземной мортмассы водно-болотных угодий были определены по национальным данным экспериментального исследования запасов мортмассы болотных ценозов в разных биоклиматических зонах России (Базилевич, 1993). В данной работе приводятся исследования болот полярной зоны (15 ценозов), бореальной зоны (115 ценозов), суббореальной зоны (18 ценозов) и северной пустыни (3 ценоза). Экспериментальные данные были усреднены по каждой из зон и определены их неопределенности (табл. 6.50). Для перевода количества сухого вещества мортмассы в запасы углерода использован стандартный переводной коэффициент 0,40 (стр. 6.40, глава 6, том 4 (МГЭИК, 2006)). Результаты расчета приведены в таблице 6.49 выше.

Изменения запасов углерода в почвах водно-болотных угодий, переустроенных в прочие земли. Оценки выброса CO₂ при конверсии водно-болотных угодий в прочие земли выполнена в соответствии с методикой уровня 1 и коэффициентами по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013). Согласно рекомендациям, содержащимся в главе 2, раздел 2.2.1, выбросы CO₂ от осушенных почв происходят непосредственно на территории осушения (EF_CO₂_on-site) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO₂_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

- EF_CO₂_on-site (= 5,7 тоннC/га/год) – табл. 2.1, раздел 2.2.1.1, стр. 2.9-2.11 для луговых ценозов бореальной зоны;
- EF_CO₂_DOC (= 0,12 тонн C/га/год) – табл. 2.2, раздел 2.2.1.2, стр. 2.16 для бореальной зоны.

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен 5,82 тонн C/га/год, который и был использован в расчетах. Результаты расчета потерь углерода при конверсии водно-болотных земель приведены в таблице 6.47 выше.

Выбросы иных, кроме CO₂, парниковых газов при переустройстве водно-болотных угодий в прочие земли. Для водно-болотных угодий, преобразованных в прочие земли, оценены также выбросы метана и закиси азота в соответствии с методикой и рекомендуемыми коэффициентами по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013).

Расчеты выброса CH₄ проведены в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2013). Коэффициенты соответствуют:

- F_{rac_ditch} (= 0,05) – табл. 2.4, раздел 2.2.2.1, стр. 2.25 для луговых ценозов глубокого и мелкого осушения бореальной/умеренной зон;
- EF_land (= 1,4 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для луговых ценозов бореальной зоны.

Предполагается, что конверсия происходит как в стадию мелкого осушения (50%), так и глубокого осушения (50%). Поэтому EF_ditch была рассчитана как среднее между двумя коэффициентами по умолчанию:

- EF_ditch (= 1165 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для пахотных земель и глубоко осушенных луговых ценозов бореальной/умеренной зон;
- EF_ditch (= 527 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для мелко осушенных луговых ценозов бореальной/умеренной зон;

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен 43,63 CH₄ кг/га/год, который и был использован в расчетах.

Расчет выброса N_2O при конверсии водно-болотных земель в прочие земли выполнен в соответствии с коэффициентом по умолчанию для осушенных луговых ценозов бореальной зоны 9,5 кг $N-N_2O$ /га/год, приведенном в таблице 2.5, раздел 2.2.2.2, стр. 2.28-2.29 (IPCC, 2013).

Результаты расчета выброса CH_4 и N_2O приведены в таблице 6.48 выше. Для отчетности в таблицах ОТО выбросы N_2O при конверсии водно-болотных земель в прочие земли приведены в сумме с другими прямыми и косвенными выбросами N_2O при минерализации почвенного органического вещества от всех земель, переведенных в прочие земли, в подкатегории 4(III) Прямые выбросы N_2O от минерализации/иммобилизации азота (Direct N_2O emission from N mineralization/immobilization) раздела 4.F.2.

Выбросы CH_4 в таблицах ОТО от конверсии водно-болотных земель в прочие земли приведены в категории 4.D Водно-болотные угодья («Wetlands»), в подкатегории 4.II Выбросы и поглощение при осушении, обводнении и ином управлении («Emissions and removals from drainage and rewetting and other management») в подкатегории «другие водно-болотные угодья» («Other Wetlands»).

6.3.6.2.3.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

Площади переведенных земель в прочие земли получены на основе составленной матрицы конверсии земель. Поэтому неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$).

Средние запасы углерода биомассы и мортмассы болотных угодий определены по данным (Базилевич, 1993). Соответствующие коэффициенты и их неопределенность приведены в таблице 6.51. Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет $\pm 41,79\%$ и $\pm 16,28\%$ соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы бывших болотных угодий (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

Потери углерода почв и выбросы CH_4 и N_2O при осушении водно-болотных угодий при конверсии в прочие земли определены с помощью коэффициентов выбросов по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013). Неопределенность всех использованных параметров и коэффициентов приведена в соответствующих таблицах руководства: 2.1, 2.2, 2.3 и 2.5 из главы 2 (IPCC, 2013). Совокупная неопределенность расчетов в соответствии с уровнем 1 МГЭИК определена равной для выброса CO_2 $\pm 49,99\%$, для CH_4 $\pm 70,23\%$ и для N_2O $\pm 50,47\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.6.2.3.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.3.6.2.3.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

К данной категории также следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.6.2.4 – Земли поселений, преобразованные в категорию прочие земли

6.3.6.2.4.1 Характеристика подкатегории

Согласно матрице земель за период с 1990 по 2022 гг. конверсии земель поселений в прочие земли не происходило.

6.3.6.2.4.2 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.6.2.5 – Лесные земли, преобразованные в категорию прочие земли

6.3.6.2.5.1 Характеристика подкатегории

В кадастре выполнены оценки изменения запасов углерода при переводе лесных земель в прочие земли. Результаты приведены в таблице 6.51.

Таблица 6.51

Площади лесных земель, переустроенных в прочие земли, и потери углерода

| Годы | Площадь, тыс. га | | Почвенный углерод, тыс. т С в год | Мертвое органическое вещество, тыс. т С в год | Подстилка, тыс. т С в год | Биомасса, тыс. т С в год |
|------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|
| | Куммулятивная | Ежегодное изменение | | | | |
| 1990-2012 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2014 | 0,05 | 0,03 | 5,87 | 0,5 | 0,5 | 2,6 |
| 2015 | 0,10 | 0,05 | 10,92 | 1,0 | 0,9 | 4,8 |
| 2016 | 0,20 | 0,10 | 21,73 | 1,9 | 1,8 | 9,6 |
| 2017 | 0,32 | 0,12 | 34,46 | 3,0 | 2,8 | 15,2 |
| 2018 | 0,56 | 0,24 | 59,84 | 5,2 | 4,8 | 26,4 |
| 2019 | 0,79 | 0,24 | 85,22 | 7,5 | 6,9 | 37,6 |
| 2020 | 1,03 | 0,24 | 110,60 | 9,7 | 8,9 | 48,9 |
| 2021 | 1,27 | 0,24 | 135,99 | 11,9 | 11,0 | 60,1 |
| 2022 | 1,50 | 0,24 | 161,37 | 14,1 | 13 | 71,3 |
| 2023 | 1,74 | 0,24 | 186,65 | 31,45 | 15 | 82,49 |

Прямые и косвенные выбросы N₂O при минерализации почвенного органического вещества на землях поселений, переведенных в прочие земли, приведены в таблице 6.52.

Таблица 6.52

Выбросы N₂O при минерализации почвенного органического вещества на лесных землях, переустроенных в прочие земли

| Годы | Прямой выброс | Косвенный выброс | Всего |
|-------------------|---------------|------------------|-------|
| 1990 -2012 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2014 | 0,009 | 0,002 | 0,011 |
| 2015 | 0,017 | 0,004 | 0,021 |
| 2016 | 0,034 | 0,008 | 0,042 |
| 2017 | 0,054 | 0,012 | 0,066 |
| 2018 | 0,094 | 0,021 | 0,115 |
| 2019 | 0,134 | 0,030 | 0,164 |
| 2020 | 0,174 | 0,039 | 0,213 |
| 2021 | 0,214 | 0,048 | 0,262 |
| 2022 | 0,254 | 0,057 | 0,311 |
| 2023 | 0,293 | 0,066 | 0,359 |

6.3.6.2.5.2 Методология сбора данных и расчетов

Данные по площадям лесных земель, переведенных в прочие земли, были получены от Рослесхоза (табл. 6.36).

Изменения запасов углерода в биомассе растений на землях поселений, переустроенных в прочие земли. Используемая методология соответствует Уровню 1 (МГЭИК, 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов биомассы надземной и подземной частей до и после конверсии. Период конверсии принят равным 1 году.

Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии приняты равными нулю. Согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых растительность отсутствует.

Для расчета использованы средние запасы углерода в резервуаре биомассы на лесных землях (табл 6.42).

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе лесных земель, переустроенных в прочие земли. После конверсии мертвое органическое вещество на рассматриваемых землях отсутствует. Поэтому рассчитывается полное окисление углерода в мертвом органическом веществе. Для расчета использованы средние запасы углерода в мертвом органическом веществе лесных земель (табл 6.43).

Изменения запасов углерода в почвах земель поселений, переустроенных в прочие земли. Оценка изменения запасов углерода в почвах лесных земель, переустроенных в прочие земли, соответствует Уровню 1 (МГЭИК, 2006) и заключается в оценке разницы средних запасов. Принято, что запасы углерода почв после конверсии равны нулю, т.к. согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых гумусовый горизонт почв отсутствует.

Начальный запас углерода почв лесных земель до конверсии представлен в таблице 6.43. Период конверсии принят равным одному году. Результаты расчета приведены в таблице 6.51.

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на лесных землях, переведенных в прочие земли. Оценка выбросов N_2O от почв при конверсии лесных земель в прочие земли выполнялась в соответствии с уравнением 11.8 (МГЭИК, 2006). На основе данных баланса углерода в почвах земель поселений, переведенных в прочие земли (см. выше) и соотношения C/N, принятым равным 15 по умолчанию (МГЭИК, 2006) было рассчитано количество минерализованного азота F_{SOM} и оценены соответствующие прямые выбросы.

Коэффициент прямого выброса N_2O принят равным по умолчанию и составляет 0,01 кг N_2O -N/кг N в соответствии с таблицей 11.1 (МГЭИК, 2006).

Для оценки соответствующего косвенного выброса N_2O при вымывании минерализованного азота использована фракция вымывания по умолчанию (30%) и коэффициент косвенного выброса N_2O при вымывании соединений азота из почв по умолчанию (0,0075 кг N_2O -N/кг N) в соответствии с таблицей 11.3 (МГЭИК, 2006).

Результаты расчета прямого и косвенного выброса N_2O при конверсии земель поселений в прочие земли приведены в таблице 6.52 выше.

6.3.6.2.5.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

В кадастре выполнена оценка неопределенности при оценке изменений запасов углерода биомассы и почвы при конверсии земель поселений в прочие земли. Для этого использованы полученные ранее параметры по среднему запасу углерода биомассы поселений с неопределенностью $\pm 24,04\%$ и среднего запаса углерода почв поселений с неопределенностью $\pm 41,54\%$ (см. раздел 6.3.5.2.2.3 выше). В соответствии с уровнем 1 МГЭИК объединенная неопределенность оценки по резервуару биомассы составляет $\pm 26,04\%$ и по резервуару почв $\pm 47,99\%$.

Неопределенность оценки прямого и косвенного выброса N_2O оценивалась в соответствии с диапазонами неопределенностей всех использованных по умолчанию параметров и коэффициентов расчета (см. таблицы 11.1 и 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)). Объединенная неопределенность соответствует величине $\pm 182,72\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.6.2.5.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.3.6.2.5.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В кадастре 2024 для данной категории были проведены перерасчеты в связи с уточнениями и исправлениями, внесенными в матрицу земель. К данной категории также следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8. Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.3.6.3 Сжигание биомассы на других землях (раздел 4.V ОТО)

Согласно определению, к категории «прочие земли» относятся неуправляемые земли, на которых не производится антропогенная деятельность, процессы горения на этих землях не относятся к антропогенным. Кроме того, вероятность возникновения пожаров здесь низка, так как ни растительности, ни мертвого органического вещества на них не формируется. Соответственно, в таблицах ОТО было использовано стандартное обозначение «NA».

6.3.7 Заготовленные лесоматериалы (раздел 4.G ОТО)

6.3.7.1. Характеристика категории

Значительная часть древесины, заготавливаемая на лесных площадях, возделываемых землях и других типах землепользования, остается в виде лесоматериалов в течение различного времени. В настоящем разделе приводится оценка запасов углерода в заготовленных лесоматериалах (ЗЛМ) с применением «производственного» подхода для трёх видов полуобработанной древесной продукции – пиломатериалов, древесных панелей и бумаги и картона. Данный подход оценивает изменения в запасах углерода в пуле лесоматериалов, содержащего продукцию из древесины, которая заготовлена внутри страны (заготовлена «страной-производителем»), а также которая экспортируется и находится в пользовании в других странах. При данном подходе оценивается изменение запасов углерода только в лесоматериалах, полученных от заготовленной внутри страны древесины без учета импортируемых ЗЛМ. Расчеты изменений запасов углерода в пуле ЗЛМ производятся с использованием коэффициентов перевода из единиц продукции в углерод по умолчанию (в соответствии с табл. 12.1 и 12.2 Refinement, 2019). В Кадастре за 2022 год были сделаны перерасчеты всего временного ряда в связи с переходом на Уровень 2 и использованием национальных значений полупериода срока службы (half-lives) ЗЛМ для двух категорий древесных продуктов. Национальные значения полупериодов срока службы ЗЛМ следующие:

- пиломатериалы – 40 лет
- бумага и картон – 6 лет.

Для древесных плит полупериод совпадает со значениями МГЭИК по умолчанию. Национальные значения полупериодов в расчетах применялись с 2010 года.

Значения полупериода срока службы для каждой из трёх категорий ЗЛМ были получены на основе сбора экспертных мнений специалистов, сферой деятельности которых является лесное хозяйство, лесная и целлюлозно-бумажная промышленность, в соответствии с протоколом привлечения экспертов (согласно руководству МГЭИК, 2006, том 1, глава 2). Оценка производилась с учетом национальных экономических и рыночных условий, условий эксплуатации отдельных видов ЗЛМ, с учетом функционального, технологического и экономического устаревания ЗЛМ и социальных факторов, которые влияют на все вышеперечисленные показатели. По результатам опросов получены 9 протоколов, на основе которых были рассчитаны средние значения полупериодов срока службы трех категорий ЗЛМ. Данные исследования проводились в рамках работ по важнейшему инновационному проекту государственного значения (ВИП ГЗ) «Российская система климатического мониторинга». Результаты этих исследований представлены в отчете о выполнении работ по ВИП ГЗ за 2023 год.

Категория заготовленных лесоматериалов включает в себя все вывезенные с места заготовки лесоматериалы (включая кору), являющиеся антропогенным резервуаром долговременного хранения углерода в связи с длительным сроком их использования. В категории рассматриваются ежегодные изменения общего пула заготовленных лесоматериалов при их производстве, экспорте и импорте на территории Российской Федерации и утилизации вышедших из употребления лесоматериалов на свалках бытовых отходов. Производственная цепочка заготовки лесоматериалов представлена на рисунке 6.19. На основании полученных оценок экспорта, импорта и утилизации ЗЛМ была проведена оценка общего ежегодного изменения запасов углерода в пуле ЗЛМ за период 1961-2023 гг. (рис. 6.18). Положительные величины показывают увеличение запасов углерода в пуле ЗЛМ, а отрицательные – его уменьшение.

Как видно из приведенного графика баланса углерода в ЗЛМ наблюдаются три периода: 1) 1961-1990 гг. – накопление углерода в пуле ЗЛМ; 2) 1991 - 2016 – пул ЗЛМ являлся нетто-источником углерода в связи с сокращением объема лесозаготовок и сокращением производства ЗЛМ; 3) с 2017 года по настоящее время пул ЗЛМ снова стал накапливать углерод, что связано с увеличением производства продукции ЗЛМ и увеличением срока службы ЗЛМ.

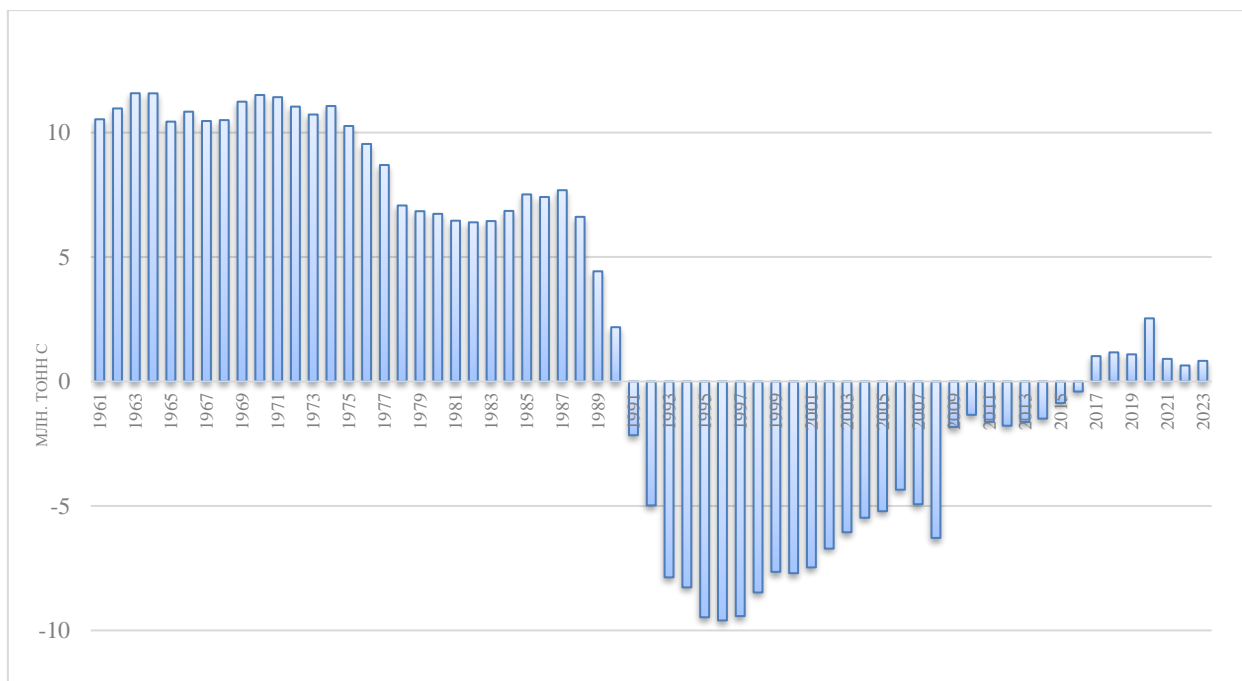


Рисунок 6.18 – Баланс углерода в пуле заготовленных лесоматериалов. Положительные значения отражают чистое накопление углерода, отрицательные – чистые потери углерода.

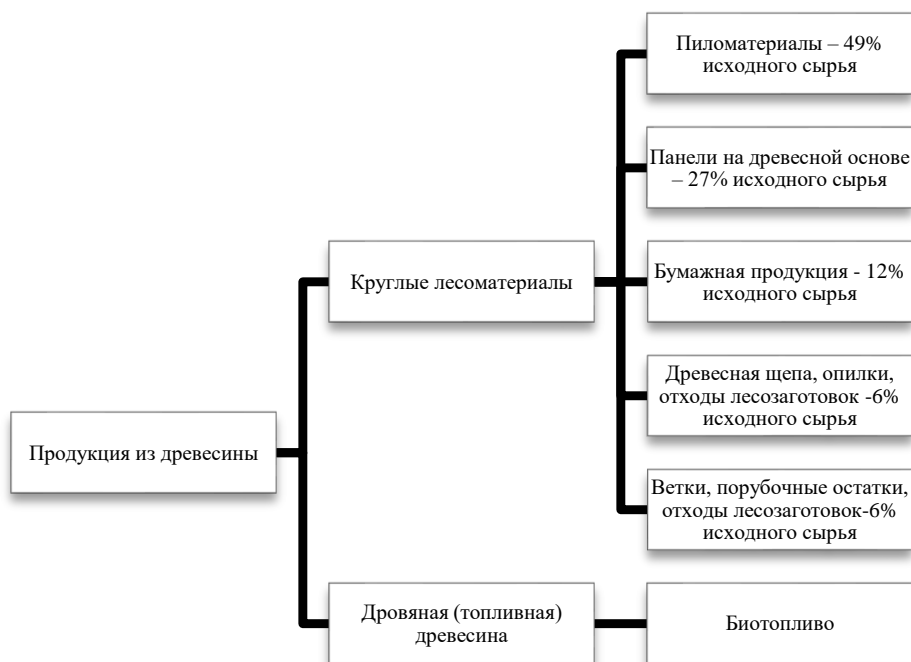


Рисунок 6.19 – Производственная цепочка древесной продукции в Российской Федерации.

Экспорт и импорт. Данные по экспорту и импорту за 1961-1990 гг. были взяты из ежегодных статистических сборников «Внешняя торговля СССР» (Госкомстат России, 1994; Министерство внешней торговли, 1967-1989), за 1990-1993 гг. – из статистических ежегодников Росстата (Госкомстат России, 1993, 1994), за 1994 – 2021 гг. – использованы данные ФТС России (<http://stat.customs.gov.ru/>). Данные за 2022 и 2023 годы получены по запросу в ФТС. Данные за 2024 г. необходимые для расчетов были взяты как среднеарифметическое за период 2019–2023 гг.

Для выполнения расчетов были использованы данные о внешнеторговой деятельности. Массивы данных по внешнеэкономической деятельности имели разные номенклатурные характеристики. Поэтому была сопоставлена таможенная номенклатура СССР и Российской Федерации (РФ) и выделены идентичные виды продукции для последующего их обобщения и использования в расчетах. Результаты сопоставлений приведены в табл. 6.53.

Таблица 6.53

Номенклатура внешнеэкономической деятельности СССР и РФ

| Древесная продукция | Таможенная статистика СССР | Таможенная статистика РФ |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Пиломатериалы | 501 | 44.04; 44.06; 44.07; 44.08; 44.09 |
| Древесные плиты (ДСП, ДВП, фанера) | 41202, 41203, 502 | 44.10; 44.11; 44.12; 44.13 |
| Бумага и картон | 506,507,508 | 47.07,48.01 - 48.23 |

В статистических сборниках «Внешняя торговля СССР» данные по экспортно-импортным операциям основных лесных товаров за 1961-1990 гг. представлены только для СССР в целом. Для получения сведений о внешнеторговых операциях, осуществлявшихся Российской Федерацией отдельно от СССР за 1961-1990 гг., были проанализированы данные о вывозке древесины в РСФСР и СССР за рассматриваемый период, которые представлены в табл. 6.54.

Таблица 6.54

Вывозка древесины в РСФСР и СССР

| Год | Вывозка древесины в СССР, млн. пл. м ³ | Вывозка древесины в РСФСР, млн. пл. м ³ |
|------|---|--|
| 1961 | 351,0 | 317,9 |
| 1962 | 352,7 | 321,3 |
| 1963 | 369,6 | 338,5 |
| 1964 | 385,2 | 352,7 |
| 1965 | 378,1 | 346,1 |
| 1966 | 373,5 | 341,3 |
| 1967 | 383,0 | 352,6 |
| 1968 | 380,4 | 349,1 |
| 1969 | 374,2 | 343,4 |
| 1970 | 385,0 | 354,0 |
| 1971 | 384,7 | 352,7 |
| 1972 | 382,9 | 353,2 |
| 1973 | 387,8 | 359,0 |
| 1974 | 388,5 | 360,7 |
| 1975 | 395,0 | 366,9 |
| 1976 | 384,7 | 356,6 |
| 1977 | 376,8 | 348,7 |
| 1978 | 361,8 | 333,8 |
| 1979 | 354,0 | 325,4 |
| 1980 | 356,6 | 328,3 |
| 1981 | 358,2 | 329,0 |
| 1982 | 355,9 | 326,6 |
| 1983 | 355,7 | 325,3 |
| 1984 | 367,8 | 337,3 |
| 1985 | 368,0 | 337,3 |
| 1986 | 377,1 | 345,3 |

Продолжение таблицы 6.54

| Год | Вывозка древесины в СССР, млн. пл. м ³ | Вывозка древесины в РСФСР, млн. пл. м ³ |
|------|---|--|
| 1987 | 389,2 | 357,1 |
| 1988 | 386,4 | 354,3 |
| 1989 | 369,5 | 338,4 |
| 1990 | 332,1 | 303,8 |

Установленный средний коэффициент соотношения вывозки РСФСР к СССР, равный 0,92, был использован для оценки экспорта и импорта лесной продукции в РСФСР.

Древесина и продукты ее переработки по-прежнему остаются в числе приоритетных экспортных товаров России (Рослесхоз, 2003b). Анализ динамики объемов экспорта ЗЛМ из Российской Федерации (табл. 6.55) показывает, что вплоть до 1990 года показатели вывоза пиломатериалов, древесных плит, бумажной продукции в целом проявляли тенденцию устойчивого роста. С 1990 по 1995 год был резкий спад экспорта всех трех видов ЗЛМ. С 1996 до 2006 года объем экспорта пиломатериалов увеличивался, затем резко сократился в 2007 году. С 2008 года экспорт пиломатериалов показывает тенденцию к росту со спадами в 2017 и 2020 году. Экспорт древесных панелей и бумажной продукции с 1992 года показывает стабильный рост.

Таблица 6.55

*Экспорт продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации**

| Год | Пиломатериалы, тыс. м ³ * | | Древесные плиты (ДСП, ДВП, фанера), тыс. м ³ * | | Бумага и картон, тыс. т* | |
|------|--------------------------------------|---------|---|---------|--------------------------|---------|
| | импорт | экспорт | импорт | экспорт | импорт | экспорт |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1961 | 461,12 | 4787,04 | 95,7 | 117,0 | 180,1 | 139,1 |
| 1962 | 413,88 | 5516,60 | 86,3 | 137,2 | 154,7 | 145,2 |
| 1963 | 347,69 | 6003,46 | 92,2 | 182,1 | 171,0 | 143,2 |
| 1964 | 313,42 | 7061,55 | 108,9 | 246,9 | 178,1 | 163,3 |
| 1965 | 267,19 | 7361,10 | 103,8 | 285,2 | 202,2 | 203,6 |
| 1966 | 253,61 | 7351,63 | 119,5 | 311,4 | 210,7 | 272,1 |
| 1967 | 276,00 | 6847,56 | 101,4 | 358,2 | 270,8 | 397,6 |
| 1968 | 262,53 | 7291,37 | 97,5 | 438,0 | 349,9 | 473,1 |
| 1969 | 245,57 | 7268,00 | 110,9 | 459,5 | 334,2 | 429,3 |
| 1970 | 265,27 | 7360,00 | 119,4 | 525,9 | 479,4 | 422,2 |
| 1971 | 279,67 | 7268,00 | 124,2 | 491,6 | 459,9 | 723,2 |
| 1972 | 289,48 | 7360,00 | 107,0 | 532,0 | 476,3 | 779,0 |
| 1973 | 261,87 | 7544,00 | 175,8 | 688,6 | 397,3 | 860,6 |
| 1974 | 305,15 | 7268,00 | 105,2 | 869,5 | 464,8 | 914,0 |
| 1975 | 300,09 | 7199,92 | 111,6 | 746,2 | 573,1 | 924,7 |
| 1976 | 315,03 | 7912,00 | 176,9 | 784,8 | 577,0 | 960,2 |
| 1977 | 323,40 | 7636,00 | 131,3 | 849,5 | 606,9 | 1 015,7 |
| 1978 | 331,41 | 7452,00 | 134,3 | 873,0 | 603,0 | 1 012,1 |
| 1979 | 322,43 | 6992,00 | 175,4 | 832,7 | 639,3 | 970,0 |
| 1980 | 335,76 | 6532,00 | 343,0 | 868,2 | 905,0 | 1 018,4 |
| 1981 | 365,41 | 6348,00 | 242,8 | 915,2 | 821,0 | 1 047,2 |
| 1982 | 293,75 | 6654,60 | 201,5 | 865,4 | 861,0 | 1 047,2 |
| 1983 | 303,50 | 6749,48 | 195,5 | 839,6 | 747,9 | 1 033,6 |

Продолжение таблицы 6.55

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1984 | 325,77 | 6647,14 | 232,1 | 844,2 | 732,9 | 1 046,0 |
| 1985 | 287,95 | 7145,64 | 220,8 | 865,6 | 752,5 | 1 188,0 |
| 1986 | 244,03 | 7433,60 | 227,7 | 1 100,3 | 613,7 | 1 188,0 |
| 1987 | 206,57 | 7261,56 | 202,4 | 1 343,4 | 555,0 | 1 251,6 |
| 1988 | 189,48 | 7572,52 | 161,1 | 1 057,2 | 601,9 | 1 099,3 |
| 1989 | 156,12 | 7196,24 | 286,1 | 1 058,5 | 710,0 | 1 020,4 |
| 1990 | 93,34 | 6453,80 | 241,0 | 1 201,8 | 38,6 | 305,0 |
| 1991 | 100,24 | 4580,00 | 213,0 | 571,1 | 2,9 | 861,0 |
| 1992 | 73,62 | 327,47 | 164,0 | 393,1 | 1,2 | 775,0 |
| 1993 | 46,99 | 389,76 | 115,0 | 706,9 | 1,3 | 305,0 |
| 1994 | 2,99 | 133,72 | 66,6 | 681,4 | 1,6 | 230,0 |
| 1995 | 0,58 | 324,29 | 54,2 | 670,5 | 0,7 | 916,0 |
| 1996 | 44,78 | 5595,26 | 122,6 | 1 055,2 | 1,4 | 778,0 |
| 1997 | 114,68 | 5762,00 | 161,4 | 1 013,0 | 0,9 | 746,0 |
| 1998 | 85,91 | 5611,51 | 343,5 | 1 244,2 | 2,1 | 942,0 |
| 1999 | 34,90 | 7531,72 | 152,7 | 1 298,2 | 2,9 | 1 048,0 |
| 2000 | 20,00 | 9040,27 | 206,1 | 1 518,8 | 3,9 | 1 168,0 |
| 2001 | 44,39 | 9136,95 | 453,6 | 1 493,5 | 3,0 | 1 174,0 |
| 2002 | 30,74 | 10433,88 | 362,5 | 1 660,0 | 2,7 | 1 175,0 |
| 2003 | 186,35 | 11846,91 | 582,2 | 1 753,0 | 2,7 | 1 198,0 |
| 2004 | 12,57 | 12469,63 | 783,4 | 2 368,7 | 1 353,8 | 2 628,6 |
| 2005 | 19,71 | 14741,50 | 916,1 | 2 592,7 | 1 608,3 | 2 660,8 |
| 2006 | 19,40 | 15843,07 | 1 201,8 | 2 817,8 | 1 930,9 | 2 982,0 |
| 2007 | 25,07 | 5789,85 | 1 329,7 | 2 914,8 | 2 227,6 | 2 937,5 |
| 2008 | 33,91 | 4823,64 | 1 556,7 | 2 323,7 | 2 219,4 | 3 040,2 |
| 2009 | 22,01 | 4945,58 | 812,1 | 2 570,4 | 1 689,3 | 3 060,3 |
| 2010 | 25,07 | 5410,11 | 1 119,6 | 2 596,3 | 2 072,3 | 2 935,5 |
| 2011 | 257,99 | 5853,06 | 1 509,9 | 2 388,3 | 2 149,4 | 3 053,8 |
| 2012 | 67,14 | 6191,56 | 1 810,4 | 2 343,8 | 2 122,5 | 3 152,2 |
| 2013 | 80,81 | 6809,95 | 5 508,1 | 3 315,1 | 2 195,0 | 3 082,2 |
| 2014 | 266,48 | 7294,40 | 2 808,6 | 3 752,7 | 1 908,4 | 3 274,0 |
| 2015 | 257,6 | 8020,91 | 2 115,5 | 4 308,6 | 1 986,4 | 3 247,7 |
| 2016 | 78,8 | 12 018,3 | 5 677,9 | 5 205,2 | 1 648,5 | 3 250,1 |
| 2017 | 64,5 | 1 623,6 | 1 893,5 | 5 496,5 | 1 555,1 | 3 625,0 |
| 2018 | 52,0 | 4 512,1 | 1 383,3 | 6 154,0 | 1 676,2 | 3 829,6 |
| 2019 | 48,0 | 10 342,6 | 1 183,7 | 6 379,5 | 1 723,9 | 3 731,9 |
| 2020 | 13,1 | 4 227,5 | 1 423,1 | 6 884,9 | 1 696,2 | 4 123,5 |
| 2021 | 40,7 | 23 135,9 | 1 253,9 | 7 166,1 | 1 599,7 | 4 204,1 |
| 2022*** | - | - | - | - | - | - |
| 2023 | - | - | - | - | - | - |

* – с 2006 года – по уточненным данным ФТС России

** – данные ФТС России с учётом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС

*** – конфиденциальная информация, с 2022 года данные не приводятся

Анализ динамики объемов импорта древесной продукции в Российскую Федерацию имеет значительную межгодовую изменчивость. В целом, за весь рассматриваемый период наблюдается увеличение доли импорта древесных плит, бумаги и картона и снижение импорта пиломатериалов (табл. 6.55). Данные по объему экспорта и импорта продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности за 2022-2023 гг. в настоящее время является конфиденциальной информацией и не подлежит отражению в тексте Кадастра.

Производство. Данные по производству основных видов лесной продукции в 1961-1989 гг. были взяты из статистических ежегодников «Народное хозяйство РСФСР» (ЦСУ РСФСР, 1962-1989; Госкомстат, 1990), а для 1990-2022 гг. – из «Российских статистических ежегодников» (Госкомстат, 1991-2003; Росстат, <https://rosstat.gov.ru>). Данные необходимые для расчетов за 2024 г. были взяты как среднеарифметическое за период 2019–2023 гг.

Пересчет статистических данных из тонн произведенных и экспортированных пиломатериалов в м³ за 1994-2013 гг. осуществляли по средневзвешенной плотности заготовленных лесоматериалов за период с 1990 по 2004 гг. (0,522 т с.в.·м⁻³), полученной расчетным путем в работе (Грабар, 2008).

Пересчет статистических данных по общей площади изготовленных и экспортированных древесноволокнистых плит в кубические метры осуществляли на основе их средней толщины 0,011 м (ГОСТ 32274-2021; ГОСТ 4598-2018).

Объемы производства основных видов лесоматериалов в РФ за 1961-2023 гг. приведены в табл. 6.56.

Таблица 6.56

Динамика объемов производства продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в России

| Год | Пиломатериалы, включая шпалы ¹ , млн. м ³ | Древесные плиты ² (ДСП, ДВП, фанера), млн. усл. м ³ | Бумага и картон ³ , млн. т |
|------|---|---|---------------------------------------|
| 1961 | 87,95 | 1,35 | 3,45 |
| 1962 | 88,92 | 1,48 | 3,67 |
| 1963 | 91,42 | 1,60 | 3,85 |
| 1964 | 94,60 | 1,82 | 4,12 |
| 1965 | 94,61 | 2,10 | 4,73 |
| 1966 | 90,04 | 2,32 | 5,23 |
| 1967 | 92,22 | 2,61 | 5,68 |
| 1968 | 91,43 | 2,77 | 5,97 |
| 1969 | 92,33 | 3,01 | 6,25 |
| 1970 | 95,92 | 3,35 | 6,70 |
| 1971 | 97,72 | 3,62 | 7,09 |
| 1972 | 98,03 | 3,93 | 7,42 |
| 1973 | 96,74 | 4,33 | 7,89 |
| 1974 | 95,88 | 4,79 | 8,20 |
| 1975 | 97,65 | 5,21 | 8,68 |
| 1976 | 95,10 | 5,37 | 8,92 |
| 1977 | 92,76 | 5,68 | 9,06 |
| 1978 | 89,96 | 5,73 | 9,24 |
| 1979 | 84,79 | 5,60 | 8,73 |
| 1980 | 83,80 | 6,19 | 8,73 |
| 1981 | 83,67 | 6,21 | 8,95 |
| 1982 | 82,93 | 6,37 | 8,98 |
| 1983 | 82,22 | 6,60 | 9,56 |
| 1984 | 82,44 | 7,03 | 9,83 |
| 1985 | 83,53 | 7,72 | 10,40 |
| 1986 | 87,10 | 8,07 | 10,40 |
| 1987 | 87,05 | 8,38 | 10,57 |
| 1988 | 88,35 | 8,82 | 10,82 |
| 1989 | 84,71 | 8,98 | 10,65 |

Продолжение таблицы 6.56

| Год | Пиломатериалы, включая шпалы 1, млн. м3 | Древесные плиты ² (ДСП, ДВП, фанера), млн. усл. м 3 | Бумага и картон ³ , млн. т |
|------|---|--|---------------------------------------|
| 1990 | 77,35 | 7,97 | 10,41 |
| 1991 | 67,56 | 8,45 | 10,21 |
| 1992 | 54,91 | 9,69 | 4,80 |
| 1993 | 42,27 | 8,30 | 4,49 |
| 1994 | 32,08 | 5,77 | 3,41 |
| 1995 | 27,66 | 5,50 | 4,07 |
| 1996 | 23,04 | 4,44 | 3,22 |
| 1997 | 20,51 | 4,46 | 3,31 |
| 1998 | 19,13 | 4,68 | 3,59 |
| 1999 | 19,47 | 5,79 | 4,54 |
| 2000 | 20,58 | 6,55 | 5,31 |
| 2001 | 19,59 | 6,79 | 5,63 |
| 2002 | 19,02 | 7,32 | 5,98 |
| 2003 | 20,55 | 8,21 | 6,38 |
| 2004 | 21,55 | 9,16 | 6,83 |
| 2005 | 22,31 | 10,33 | 7,13 |
| 2006 | 22,36 | 11,21 | 7,43 |
| 2007 | 24,42 | 12,42 | 7,58 |
| 2008 | 21,78 | 12,39 | 7,70 |
| 2009 | 19,09 | 9,79 | 7,40 |
| 2010 | 21,89 | 11,35 | 7,67 |
| 2011 | 22,64 | 13,20 | 7,63 |
| 2012 | 21,21 | 13,69 | 7,81 |
| 2013 | 21,74 | 13,21 | 7,79 |
| 2014 | 21,53 | 13,89 | 8,15 |
| 2015 | 22,03 | 14,36 | 8,20 |
| 2016 | 23,80 | 14,99 | 8,65 |
| 2017 | 25,16 | 15,93 | 8,73 |
| 2018 | 28,5 | 18,34 | 9,15 |
| 2019 | 30,0 | 18,20 | 9,16 |
| 2020 | 29,27 | 18,31 | 9,72 |
| 2021 | 32,3 | 20,77 | 10,4 |
| 2022 | 29,8 | 17,90 | 10,14 |
| 2023 | 28,04 | 18,97 | 10,11 |

¹ – с 2010 г. – лесоматериалы, продольно распиленные или расколотые, разделенные на слои или лущеные, толщиной более 6 мм; деревянные железнодорожные или трамвайные шпалы, неопитанные – данные Росстата.

² – с 1992 г. – данные ЕМИСС (в сумме по древесноволокнистым плитам, древесностружечным плитам и фанере)

³ – с 2010 г. – бумага и картон – данные Росстата

При расчетах потребления круглой древесины при производстве полуобработанных продуктов применяются переводные коэффициенты для основных групп продукции и нормы расхода круглых лесоматериалов в лесопилении, представленные ведущими производителями продукции глубокой лесопереработки, такими как ООО "СВИСС КРОНО», (Группа компаний "SWISS KRONO Group»), ООО «Нордплит» и Санкт-Петербургским Государственным

Технологическим Университетом растительных полимеров. Так, для пиломатериалов коэффициент пересчёта в круглые лесоматериалы (нормы расхода) составляет 2,1 для древесных плит – 1,72, для целлюлозы – 4,5.

Как видно из табл. 6.56, с 1961 по 1975 гг. происходило увеличение объемов производства пиломатериалов, древесных плит и бумажной продукции. Далее рост производства древесных плит, бумаги и картона продолжился и достиг максимума в 1988-1989 гг., а пиломатериалов – даже несколько снизился в этот период.

Общее ухудшение экономической ситуации в стране в начале 90-х гг. повлекло за собой снижение производства всех позиций продуктов лесозаготовки. К 1998 году, по сравнению с 1989 годом, производство пиломатериалов снизилось в 4,4 раза, древесных плит – почти в два раза, бумаги и картона – в 3 раза.

Начиная с 1999 г. экономическая ситуация в целом по стране и в лесопромышленном секторе изменилась (Лесное хозяйство ..., 2003), увеличился выпуск всех видов лесоматериалов. При этом рост объемов производства был неравномерен. Производство пиломатериалов увеличилось в 2022 году по сравнению с 1998 годом в 1,6 раз, древесных плит в этот период показал максимальный рост - в 4,4 раза. Объемы производства бумаги и картона за это же время выросли почти в 3 раза.

Утилизация заготовленных лесоматериалов.

Исходные данные и методика оценки выбросов углекислого газа от утилизации ЗЛМ аналогичны таковым для метана из раздела 8.2 «Выбросы метана от захоронения твердых отходов».

Полученные результаты (рис. 6.20) показали, что в течение периода с 1960 по 2008 происходит увеличение эмиссии CO_2 от захоронения ЗЛМ, выходящих из оборота и захораниваемых на свалках и полигонах. С 2008 года идет снижение выбросов, достигая значения в 6,7 млн т CO_2 в 2023 г. При этом снижение эмиссии после 2015 достигается за счет снижения доли бумаги в ТКО и стабилизации (или некоторого снижения) количества образующихся ТКО.

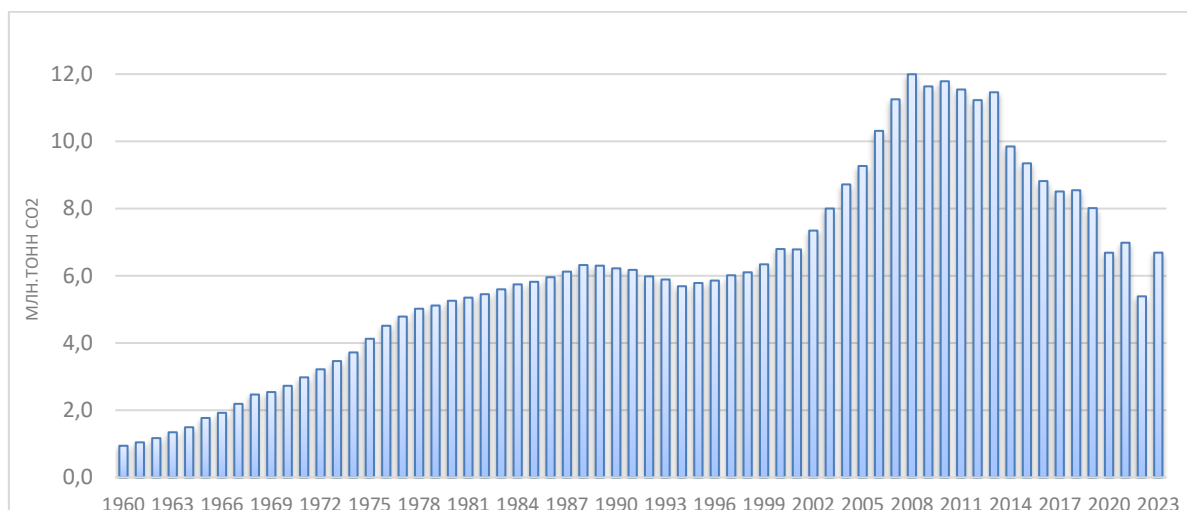


Рисунок 6.20 – Выбросы CO_2 на свалках и полигонах от захоронения выходящих из оборота продукции лесозаготовок.

6.3.7.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Неопределенность исходных данных оценивается не более чем $\pm 5,0\%$. Погрешность перевода статистических данных по тоннажу экспортированных и импортированных шпал в кубические метры оценивается в $\pm 12,9\%$.

Расчет погрешности пересчета статистических данных из тонн произведенных и экспортированных пиломатериалов в м^3 был выполнен пошагово в соответствии с уровнем 1 МГЭИК. Погрешности статистических данных, использованных в расчетах, составляют

$\pm 5,0\%$. Общая погрешность средневзвешенной оценки объемов заготовки лесоматериалов по различным типам хозяйств, выполненная на данных по лесозаготовкам с 1990 по 2004 гг., составила $\pm 8,7\%$. Погрешность расчета средней плотности основных древесных пород составила для хвойных – $\pm 21,7\%$, для мягколиственных – $\pm 20,2\%$. Общая погрешность расчета средней плотности основных древесных пород составила $\pm 9,5\%$. Общая погрешность пересчета статистических данных из тонн произведенных и экспортированных пиломатериалов в м^3 составила $\pm 12,9\%$.

Погрешность пересчета статистических данных по общей площади изготовленных, экспортированных и импортированных древесноволокнистых плит в кубические метры была оценена в $\pm 10,0\%$.

Общая итоговая оценка изменений запаса углерода в резервуаре продукции лесозаготовки оценивается в $\pm 21,4\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одних и тех же источников статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.3.7.4 Обеспечение и контроль качества

Для обеспечения качества оценки ежегодного изменения содержания углерода в пуле заготовленных лесоматериалов производится проверка сбора и электронного ввода данных о производстве, экспорте, импорте и утилизации заготовленных лесоматериалов. Результаты расчетов сравниваются по годам и отдельным категориям источников для анализа согласованности временных рядов. Указанные меры позволяют выявить ошибки при вводе данных и расчете выбросов и стоков парниковых газов. Такие мероприятия проводятся регулярно и выполняются в несколько этапов по мере подготовки кадастра.

6.3.7.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

Выполнены перерасчеты баланса углерода в ЗЛМ для всего временного ряда в связи с переходом на Уровень 2 и применением национальных значений полупериода срока службы для пиломатериалов, бумаги и картона. Были сделаны пересчеты для всего ряда значений выбросов углекислого газа от утилизации ЗЛМ на свалках вследствие исправления методики расчетов.

6.3.8 Неопределенность оценок выбросов

Оценка неопределенности включает пошаговую оценку каждого используемого параметра и допущения, использованного в расчетах, в соответствии с методикой МГЭИК, уровень 1.

Расчет неопределенности инвентаризации в секторе ЗИЗЛХ выполнялся по подходу 1 (МГЭИК, 2006). Результаты представлены в таблицах 6.57 и 6.58. Точность выполненной инвентаризации определяется точностью исходных данных и пересчетных коэффициентов. Основная исходная информация бралась из данных государственной статистической отчетности, которые имеют высокую степень достоверности (ошибка составляет 5%). Переводные коэффициенты по умолчанию, использованные в расчетах, были взяты из методики МГЭИК 2006 г. (МГЭИК, 2006). Для пересчетных коэффициентов и параметров по умолчанию были использованы рекомендованные в методиках 95% доверительные интервалы. Более точная информация приведена в соответствующих подразделах данного раздела.

Общая неопределенность инвентаризации в секторе ЗИЗЛХ рассчитана на основании уравнения 3.2 подхода 1 (МГЭИК, 2006).

В таблицах 6.57 и 6.58 для величины суммарных выбросов от сектора ЗИЗЛХ приведен 95% доверительный интервал, который составляет для 1990 г. $\pm 122152,2$ тыс. тонн CO_2 -экв. или 226% и для 2022 г. $\pm 233544,0$ тыс. тонн CO_2 -экв. или 19,0%. Таким образом, можно заключить, что неопределенность полученных оценок по инвентаризации выбросов парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ в 2022 году составляет 19,0%.

Таблица 6.57

Оценка неопределенности кадастра потоков парниковых газов
в землепользовании, изменении землепользования и лесном хозяйстве России в 1990 г.

| Категория источника/поглотителя | Выбросы (+)/ поглощение (-), CO ₂ экв., Гг | Объединенная не- определенность, % | Неопределенность CO ₂ экв., Гг |
|--|---|---------------------------------------|--|
| 4А Лесные земли | -756196,3 | 21,3 | 160725,2 |
| 4.А.1. Постоянные лесные земли | -736775,9 | 21,8 | 160692,2 |
| Фитомасса | -704511,4 | 22,4 | 157533,5 |
| Мертвая древесина | -74203,3 | 37,7 | 28001,3 |
| Подстилка | -2494,0 | 62,8 | 1566,3 |
| Минеральные почвы | 4230,5 | 65,8 | 2782,2 |
| Органогенные почвы | 6093,4 | 48,7 | 2970,0 |
| Мгновенная эмиссия CO ₂ от пожаров | 22144,5 | 57,6 | 12751,8 |
| Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров | 7855,7 | 72,8 | 5719,0 |
| Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров | 4108,8 | 63,2 | 2598,6 |
| 4.А.2 Земли, переведенные в лесные земли | -21730,1 | 14,5 | 3148,2 |
| Фитомасса | -14487,5 | 11,2 | 1619,8 |
| Мертвая древесина | -2910,5 | 32,4 | 942,7 |
| Подстилка | -492,5 | 62,2 | 306,3 |
| Минеральные почвы | -3851,6 | 65,2 | 2510,9 |
| Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров | 7,8 | 72,8 | 5,7 |
| Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров | 4,1 | 63,2 | 2,6 |
| 4 (II) Эмиссии от осушения почв | 2309,8 | 36,1 | 834,3 |
| Эмиссия N ₂ O | 1666,7 | 39,5 | 658,6 |
| Эмиссия CH ₄ | 643,1 | 79,6 | 512,1 |
| 4.В.1. Возделываемые земли | 20453,6 | 34,0 | 6964,3 |
| Биомасса | -4870,2 | 129,6 | 6311,5 |
| Органогенные почвы, CO ₂ | 23655,0 | 39,6 | 2555,8 |
| Органогенные почвы, CH ₄ | 1668,9 | 87,5 | 1461,0 |
| 4.С.1. Постоянные сенокосы и пастбища | 14917,5 | 13,1 | 1949,6 |
| Органогенные почвы, CO ₂ | 13765,1 | 49,2 | 1848,3 |
| Органогенные почвы, CH ₄ | 788,0 | 69,7 | 549,2 |
| Эмиссия CH ₄ от пожаров | 195,4 | 109,8 | 214,7 |
| Эмиссия N ₂ O от пожаров | 169,0 | 113,8 | 192,2 |
| 4.С.2. Земли, переведенные в сенокосы и пастбища | -14367,7 | 39,3 | 5653,4 |
| Из пахотных земель | | | |
| Биомасса | -12672,4 | 44,4 | 5624,7 |
| Мертвое орган. в-во | -1267,2 | 44,6 | 565,6 |
| Минеральные почвы | -428,1 | 14,9 | 63,8 |
| 4.Д Водно-болотные угодья | 3948,8 | 67,1 | 2648,4 |
| 4.Д.1 Постоянные водно-болотные угодья (управляемые земли) | 3944,5 | 67,1 | 2648,3 |
| Выбросы CO ₂ | 3610,3 | 73,0 | 2633,8 |
| 4.Д.2 Земли, переведенные в водно-болотные угодья | 3610,3 | 73,0 | 2633,8 |
| 4 (II) Выбросы от осушения | 3,0 | 73,0 | 2,2 |
| Выбросы CO ₂ | 331,2 | 83,7 | 277,2 |
| Выбросы CH ₄ | 0,0 | 73,0 | 0,0 |
| Выбросы N ₂ O | 40,4 | 79,4 | 32,1 |

Продолжение таблицы 6.57

| Категория источника/поглотителя | Выбросы (+)/ поглощение (-), CO ₂ экв., Гг | Объединенная не- определенность, % | Неопределенность CO ₂ экв., Гг |
|--|---|---------------------------------------|--|
| 4.Е.2 Земли, переведенные в земли поселений | 18939,4 | 12,3 | 2339,0 |
| Из лесных земель | 18375,7 | 11,4 | 2095,9 |
| Фитомасса потери | 8935,3 | 16,4 | 1465,5 |
| Мертвая древесина | 1616,9 | 16,4 | 265,2 |
| Подстилка | 1738,7 | 24,2 | 420,2 |
| Минеральные почвы | 6077,4 | 23,3 | 1413,6 |
| Органогенные почвы | 7,5 | 23,3 | 1,7 |
| Выбросы N ₂ O при минерализации почвенного органического вещества | 563,7 | 184,2 | 1038,3 |
| 4.Г Заготовленные лесоматериалы | -8001,6 | 21,4 | 1712,5 |
| ВСЕГО | -720310,6 | 22,4 | 161032,6 |

¹⁾ Положительные величины показывают выброс, отрицательные – поглощение.

²⁾ Процентная величина относится к модулю балансовой оценки.

³⁾ Итоговые значения могут незначительно отличаться от суммы представленных в таблицах величин в связи с округлением значений.

Таблица 6.58

Оценка неопределенности кадастра потоков парниковых газов в землепользовании, изменении землепользования и лесном хозяйстве России в отчетном году

| Категория источника/поглотителя | Выбросы (+)/ поглощение (-), Гг CO ₂ экв. | Объединенная не- определенность, % | Неопредел. CO ₂ экв., Гг |
|---|--|---------------------------------------|--|
| 4.А. Лесные земли | -1087350,17 | 13,66 | 148509,85 |
| 4.А.1. Постоянные лесные земли | -1076745,00 | 13,79 | 148501,18 |
| Фитомасса | -932256,74 | 14,14 | 131841,01 |
| Мертвая древесина | -116365,23 | 37,74 | 43911,49 |
| Подстилка | -14898,98 | 62,80 | 9356,75 |
| Минеральные почвы | -69049,73 | 65,76 | 45410,37 |
| Органогенные почвы | 4861,46 | 48,74 | 2369,59 |
| Мгновенная эмиссия CO ₂ от пожаров | 41100,37 | 57,58 | 23667,54 |
| Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров | 6497,95 | 72,80 | 4730,58 |
| Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров | 3365,88 | 63,25 | 2128,77 |
| 4.А.2. Земли, переведенные в лесные земли | -12447,99 | 11,73 | 1460,60 |
| Фитомасса | -9010,33 | 11,18 | 1007,39 |
| Мертвая древесина | -2183,82 | 32,39 | 707,30 |
| Подстилка | -56,46 | 62,20 | 35,12 |
| Минеральные почвы | -1204,90 | 65,19 | 785,50 |
| Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров | 4,93 | 72,80 | 3,59 |
| Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров | 2,58 | 63,25 | 1,63 |
| 4 (II) Эмиссии от осушения почв | 1842,83 | 36,12 | 665,61 |
| Эмиссия N ₂ O | 1329,76 | 39,52 | 525,49 |
| Эмиссия CH ₄ | 513,07 | 79,62 | 408,53 |
| 4.В.1. Возделываемые земли | -41527,12 | 107,44 | 44618,29 |
| Биомасса | -58105,03 | 76,72 | 44576,65 |
| Органогенные почвы, CO ₂ | 15485,31 | 39,62 | 1673,12 |
| Органогенные почвы, CH ₄ | 1092,61 | 87,54 | 956,50 |
| 4.В.2. Земли, переведенные в возделываемые земли | 33,02 | 21,54 | 7,11 |
| Биомасса | 3,18 | 75,17 | 2,39 |
| Мертвое орг вещество | 5,08 | 75,17 | 3,82 |
| Минеральные почвы | 24,75 | 22,22 | 5,50 |

Продолжение таблицы 6.58

| Категория источника/поглотителя | Выбросы (+)/ поглощение (-), Гг CO ₂ экв. | Объединенная неопределенность, % | Неопредел. CO ₂ экв., Гг |
|--|--|----------------------------------|-------------------------------------|
| 4.C.1. Постоянные сенокосы и пастбища | 13012,53 | 20,59 | 2679,06 |
| Органогенные почвы, CO ₂ | 10089,74 | 49,23 | 1354,81 |
| Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров | 1567,91 | 109,84 | 1722,13 |
| Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров | 1354,88 | 113,77 | 1541,47 |
| 4.C.2. Земли, переведенные в сенокосы и пастбища | -98880,29 | 9,56 | 9455,26 |
| Из пахотных земель | | | |
| Мертвое орган. в-во | -7356,48 | 44,39 | 3265,21 |
| Минеральные почвы | -8840,28 | 44,63 | 3945,62 |
| Органогенные почвы, CH ₄ | -53353,53 | 14,90 | 7948,11 |
| Из других земель | 0,00 | 49,48 | 0,00 |
| Биомасса | 638,69 | 69,87 | 446,24 |
| Мертвое орган. в-во | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Почвы | -2112,93 | 44,96 | 949,89 |
| 4.D.1. Постоянные водно-болотные угодья (управляемые земли) | 5400,31 | 52,86 | 2854,73 |
| Выбросы CO ₂ | 3651,91 | 72,95 | 2664,13 |
| Выбросы CO ₂ | 63,62 | 72,95 | 46,41 |
| Выбросы CH ₄ | 727,96 | 94,45 | 687,58 |
| Выбросы N ₂ O | 956,82 | 79,39 | 759,62 |
| 4.E.2. Земли, переведенные в земли поселений | 25478,49 | 11,34 | 2889,71 |
| Из лесных земель | 4885,49 | 28,70 | 1402,26 |
| Фитомасса потери | 2056,57 | 22,36 | 459,86 |
| Мертвая древесина | 427,44 | 37,74 | 161,30 |
| Подстилка | 321,62 | 62,80 | 201,98 |
| Минеральные почвы | 1974,04 | 65,76 | 1298,23 |
| Органогенные почвы | 105,83 | 48,74 | 51,58 |
| Из луговых земель | 19256,93 | 112,30 | 21626,27 |
| Биомасса | 1998,53 | 26,04 | 520,36 |
| Мертвое органическое вещество | 1876,26 | 60,83 | 1141,29 |
| Минеральные почвы | 15382,14 | 140,36 | 21589,86 |
| Выбросы N ₂ O при минерализации почвенного органического вещества | 1336,07 | 189,11 | 2526,67 |
| 4.F.2. Земли, переведенные в другие земли | 15116,51 | 24,57 | 3713,90 |
| Из водно-болотных угодий | 5243,54 | 16,51 | 865,71 |
| Биомасса | 1278,57 | 41,79 | 534,26 |
| Мертвое органическое вещество | 2187,35 | 16,28 | 356,08 |
| Почвы | 576,56 | 49,99 | 288,22 |
| Выбросы N ₂ O при минерализации почвенного органического вещества | 743,82 | 188,64 | 1403,16 |
| 4.G. Заготовленные лесоматериалы | -3041,40 | 21,40 | 650,93 |
| ВСЕГО | -1171758,12 | 13,27 | 155476,11 |

¹⁾ Положительные величины показывают выброс, отрицательные – поглощение.

²⁾ Процентная величина относится к модулю балансовой оценки.

³⁾ Итоговые значения могут незначительно отличаться от суммы представленных в таблицах величин в связи с округлением значений.

6.3.9 Ключевые категории, значимые пулы и источники парниковых газов

К значимым пулам, обеспечивающим вклад в ключевые категории более 60%, относятся биомасса для лесных земель, органогенные почвы – для постоянных возделываемых земель, сенокосов и пастбищ, минеральные почвы – для земель, переведенных в возделываемые земли, сенокосы и пастбища (таблица 6.59).

Таблица 6.59

Значимые пулы и источники парниковых газов в ключевых категориях

| Ключевые категории в секторе ЗИЗЛХ | Газ | Пул | Вклад в ключевую категорию, % |
|---|-----------------|--------------------|-------------------------------|
| 4.A.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями | CO ₂ | Биомасса | 82,3 |
| 4.A.2 Земли, переведенные в лесные земли | CO ₂ | Биомасса | 73,8 |
| 4.B.1 Возделываемые земли | CO ₂ | Органогенные почвы | 93,3 |
| 4.B.2 Земли, переведенные в возделываемые земли | CO ₂ | Минеральные почвы | 73,2 |
| 4.C.1 Постоянные сенокосы и пастбища | CO ₂ | Органогенные почвы | 100 |
| 4.C.2 Земли, переведенные в сенокосы и пастбища | CO ₂ | Минеральные почвы | 71,7 |

6.3.10 Обеспечение и контроль качества

Обеспечение качества кадастра в секторе ЗИЗЛХ выполняется в результате независимого рецензирования соответствующих материалов. Независимым экспертным оценкам методик, данных и результатов кадастра в секторе ЗИЗЛХ способствует их публикация в научных изданиях. Конкретные ссылки приведены в соответствующих разделах по каждой подкатегории выше. Также ежегодно проводится независимая проверка кадастра сектора специалистами соответствующих министерств и ведомств, в частности Рослесхозом, Росстатом и Росреестром. Поступающие от них замечания и предложения вносятся в текст доклада и таблиц ОТО и, при необходимости, выполняется пересчет величин выброса парниковых газов до представления кадастра в Секретариат РКИК ООН. Все выполненные пересчеты и исправления вновь согласуются с заинтересованными министерствами и ведомствами.

После представления кадастра в Секретариат РКИК ООН его электронная версия находится в свободном доступе и открыта для комментариев и предложений широкого круга специалистов, включая специалистов по лесному хозяйству. Поступающие от них предложения учитываются при подготовке кадастра по сектору в следующем году.

Контроль правильности расчетов и заполнения таблиц ОТО в секторе при подготовке настоящего кадастра включает дополнительную пошаговую проверку исходных данных, расчетов и конечных форм экспертами ФГБУ ИГКЭ, не участвующими напрямую в расчетах.

Для проверки качества разработанной матрицы земель выполняется проверка данных по соотношению суммы площадей всех угодий с общей площадью страны. Контроль качества соотношения категорий земель МГЭИК и угодий и принятых допущений выполняется на ежегодной основе в результате межведомственного рассмотрения НДК, которое включает рецензирование Росреестром.

6.3.11 Перерасчеты и усовершенствования

В настоящем кадастре выполнены следующие перерасчеты и усовершенствования:

- Выполнены пересчеты баланса парниковых газов в категории 4.A.1 «Постоянные лесные земли» в связи: с использованием новых исходных данных по лесным ресурсам (сочетание данных ДЗЗ, ГИЛ и отраслевой статистики); с изменением методики расчетов (с использованием моделей хода роста и конверсионных коэффициентов); использование фактических данных по нарушениям, а также с включением в состав управляемых лесов новых подкатегорий (редины, управляемые резервные леса, леса на сельхозземлях), а также с выделением лесных насаждений с преобладанием кустарников).

- В категориях 4.В.1 «Возделываемые земли» и 4.С.1 «Сенокосы и пастбища» перерасчеты связаны с уточнением площади осушаемых органогенных почв.
- В категории 4.В.1 «Возделываемые земли» впервые учтены изменения запасов углерода в пуле углерода переходящих остатков зерна и зернобобовых культур.
- В подкатегории 4.С.2b. «Возделываемые земли, переведенные в сенокосы и пастбища» перерасчеты связаны с уточнениями матрицы земель. Выполнен перерасчет запасов углерода фитомассы, связанный с ошибкой в расчетах. Выбросы от осушенных органогенных почв были включены в категорию 4.В.1 «Постоянные возделываемые земли» в связи отсутствием данных по распределению площадей осушенных земель.
- Выполнены перерасчёты баланса углерода в пуле ЗЛМ для всего временного ряда в связи с применением национальных значений полупериода срока службы для разных видов ЗЛМ.

6.3.12 Планируемые усовершенствования

В секторе ЗИЗЛХ предусматриваются следующие усовершенствования:

- использование результатов выполнения важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ, уточненные исходные данные и пересчетные коэффициенты);
- проверка изменений, уточнений и исправлений во всей используемой в расчетах статистической информации. При выявлении изменений – выполнение пересчетов;
- проведение анализа новой научно-исследовательской и справочной литературы, поиск усовершенствованных и/или новых данных, коэффициентов, параметров для уточнения расчетов выбросов в секторе;
- проведение анализа и выполнение рекомендаций группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра выбросов ПГ РФ;

Дальнейшее усовершенствование существующих методологий расчетов, уточнение пересчетных коэффициентов и исходных данных по деятельности при расчете выбросов парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ России будет выполняться в соответствии с необходимой статистической информации и новых научных данных в данной области исследований.

Планируемые усовершенствования по отдельным категориям источников и поглотителей приведены в соответствующих подразделах раздела 6 выше.

7. ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ (Сектор 5 ОТО)

7.1 Обзор сектора и общая информация

Учитываемые в секторе «Отходы производства и потребления» (далее – «Отходы») выбросы парниковых газов включают:

- CH_4 от захоронения твердых отходов;
- CH_4 и N_2O от компостирования твердых коммунальных отходов;
- CH_4 и N_2O от очистки и сброса коммунально-бытовых и промышленных сточных вод.

Выбросы от организованного сжигания твердых коммунальных отходов (ТКО) и ила, а также от сжигания биогаза на сооружениях очистки сточных вод и энергетического использования биогаза полигонов отнесены к сектору «Энергетика», так как сопровождаются утилизацией выделяющейся энергии и тепла. Остальные выбросы от сжигания биогаза полигонов, в соответствии с используемой методологией МГЭИК (МГЭИК, 2006), не учитывались ввиду их незначительности.

Суммарный выброс парниковых газов по сектору составил в 2023 г. 87 876 Гг CO_2 -экв. Начиная с 1999 года, в секторе отмечается значительный устойчивый рост выбросов парниковых газов, интенсивность которого начинает снижаться с 2019 года. Он связан с увеличением количества ТКО, накапливаемых на полигонах, а также, частично, с увеличением объемов производства в некоторых отраслях промышленности, повлекшим за собой рост размещаемых отходов и объемов очистки сточных вод. Прирост выбросов по сектору в 2023 г. по сравнению с 1990 годом составил 56,4%. В 2023 г. выброс ПГ в секторе «Отходы» уменьшился на 0,2% по сравнению с 2022 г. Результаты расчетов выбросов ПГ в секторе «Отходы» представлены в таблице 7.1.

Наибольший вклад в общий выброс ПГ от сектора «Отходы» в 2023 г. внесли эмиссии от захоронения твердых отходов. Их вклад в целом составил 76,1%, а вклад только выбросов CH_4 от контролируемого захоронения ТКО составил 60,6%. Оставшуюся часть выбросов дали выбросы как от контролируемого захоронения промышленных отходов, так и неклассифицированного (вне категорий) захоронения отстоя сточных вод (ОСВ) (примерно в равных долях). Выбросы от контролируемого захоронения твердых отходов постоянно увеличивались в течение почти всего периода (за исключением 5 последних лет), несмотря на некоторое снижение численности населения, и к 2023 г. их прирост по сравнению с 1990 годом составил 95,8%. Это связано с увеличением количества образования отходов на душу населения, улучшением работы системы централизованного сбора отходов и их накоплением на полигонах, а также изменением экономической активности промышленных производств и накоплением отходов от их деятельности. В 2023 г. рост выбросов метана от управляемого захоронения отходов не только прекратился, но и незначительно снизился по отношению к 2022 г. (на 1,2%). Выбросы от захоронения ОСВ на СТО вне категории растут практически на протяжении всех лет с 1990 года, за исключением периода снижения с 2011 до 2015 года, из-за увеличения доли населения, проживающего в оборудованных канализацией районах, ОСВ от очистных сооружений которых размещаются на СТО.

Выбросы от обращения со сточными водами являются следующими по величине вклада по сектору, при этом в 2023 году они стали на 2,6% ниже, чем в 1990 году, составив 23,2% всех выбросов от сектора «Отходы». Выбросы CH_4 от очистки промышленных сточных вод являются следующими по величине после выбросов от управляемого захоронения отходов, составив в 2023 году 12,4% всех выбросов. Эти выбросы в 2023 г. не только вернулись на уровень 1990 г., но и превысили его на 26,5%, после двух периодов достаточно сильного снижения, вызванного сокращением промышленного производства. Тренд выбросов в этой категории источников сильно зависит от изменений объема производства в различных секторах промышленности. Так, с 1990 г. тренд этих выбросов был отрицательным, а с 1997 г. снижение выбросов сменяется их устойчивым ростом (за исключением 2009-2010 гг.) и в 2023 году их рост относительно уровня выбросов 2022 г. составил 5%. Величина выбросов парниковых

газов от этого источника также отражает применяемую методологию оценки, где выбросы от очистки сточных вод рассматриваются совместно с илом.

Выбросы CH_4 от процессов очистки коммунально-бытовых сточных вод (КБС) составили в 2023 году 7,9% всех выбросов. При этом в 2023 г. они были на 30,1% ниже уровня 1990 г. с разнонаправленными трендами на протяжении всего периода оценки (с 2016 года – устойчивое снижение выбросов), обусловленными динамикой численности населения и увеличением доли населения, проживающего в оборудованных канализацией районах. В отдельные годы на значения эмиссии оказывало влияние рост численности населения крупных городов, где используются метантенки при оборудовании очистных сооружений.

Выброс N_2O от сброса КБС в 2023 г. на 6% больше выброса 1990 г., незначительно превысив (на 0,2%) значения предыдущего года. На протяжении периода расчета тренд этих выбросов был как положительным, так и отрицательным. Так, выбросы от фекальных сточных вод по большей части снижались до 2000 года включительно, когда эта тенденция сменилась на противоположную, несмотря на снижение численности населения, в связи с увеличением потребления белковой пищи. Период после 2013 г. опять характеризуется неустойчивой динамикой, а 2017 она становится устойчиво положительной. К 2023 году их вклад в общий выброс по сектору составил 2,9%.

Выбросы N_2O и CH_4 от биологической обработки ТКО оцениваются как незначительные, за весь период расчета, при этом в 2023 году они достигли максимального значения, составив 0,7% выбросов от сектора. Изменение количества выбросов связано с деятельностью нескольких функционирующих в России заводов по компостированию отходов, а также мусороперерабатывающих комплексов.

Тренды выбросов парниковых газов в секторе «Отходы» представлены в таблице 7.1 и на рисунке 7.1.

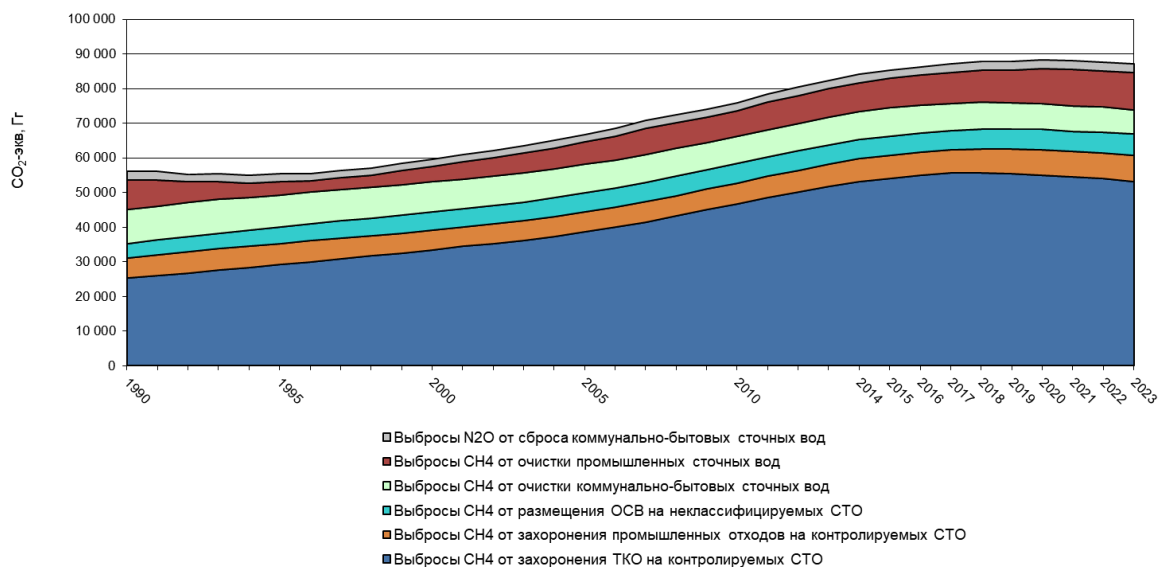


Рисунок 7.1 – Выбросы парниковых газов в секторе «Отходы» за весь расчетный период, Гг CO_2 -экв. (выбросы парниковых газов от биологической обработки отходов не показаны ввиду их незначительности).

Таблица 7.1

Выбросы парниковых газов в секторе «Отходы», G₂ CO₂-экв.¹⁾

| Год | Захоронение твердых отходов | | | Биологическая обработка отходов | | | Сброс и очистка сточных вод | | | | Итого |
|-------------|--|--|--------|---|--|-------|-------------------------------|--|--------------------------------|--------|--------|
| | Выброс CH ₄ от ТКО и ТПО на управляемых СТО | Выброс CH ₄ от ОСВ на не-классифицированных СТО | Всего | Выброс CH ₄ от компостирования отходов | Выброс N ₂ O от компостирования отходов | Всего | Выброс CH ₄ от КБС | Выброс CH ₄ от промышленных сточных вод | Выброс N ₂ O от КБС | Всего | |
| 1990 | 31 037 | 4 166 | 35 202 | 34 | 19 | 53 | 9 887 | 8 608 | 2 434 | 20 930 | 56 185 |
| 1995 | 35 320 | 4 772 | 40 091 | 45 | 25 | 70 | 9 194 | 3 945 | 2 144 | 15 283 | 55 444 |
| 2000 | 39 127 | 5 265 | 44 393 | 54 | 31 | 85 | 8 669 | 4 486 | 2 011 | 15 167 | 59 645 |
| 2005 | 44 358 | 5 483 | 49 841 | 54 | 31 | 85 | 8 306 | 6 480 | 2 188 | 16 974 | 66 900 |
| 2010 | 52 814 | 5 555 | 58 369 | 57 | 32 | 89 | 7 987 | 7 141 | 2 355 | 17 483 | 75 941 |
| 2014 | 59 755 | 5 526 | 65 281 | 46 | 26 | 72 | 8 024 | 8 453 | 2 430 | 18 906 | 84 259 |
| 2015 | 60 831 | 5 525 | 66 356 | 53 | 30 | 83 | 8 090 | 8 543 | 2 423 | 19 056 | 85 495 |
| 2016 | 61 656 | 5 553 | 67 209 | 34 | 19 | 53 | 7 896 | 8 808 | 2 406 | 19 110 | 86 372 |
| 2017 | 62 303 | 5 600 | 67 903 | 26 | 15 | 40 | 7 792 | 8 989 | 2 452 | 19 233 | 87 176 |
| 2018 | 62 637 | 5 661 | 68 297 | 23 | 13 | 36 | 7 766 | 9 273 | 2 479 | 19 518 | 87 851 |
| 2019 | 62 507 | 5 729 | 68 236 | 58 | 33 | 91 | 7 596 | 9 552 | 2 505 | 19 652 | 87 979 |
| 2020 | 62 417 | 5 804 | 68 222 | 144 | 82 | 225 | 7 512 | 9 963 | 2 548 | 20 023 | 88 470 |
| 2021 | 61 844 | 5 890 | 67 734 | 195 | 111 | 305 | 7 317 | 10 396 | 2 557 | 20 270 | 88 310 |
| 2022 | 61 483 | 5 993 | 67 476 | 268 | 152 | 421 | 7 175 | 10 374 | 2 575 | 20 124 | 88 021 |
| 2023 | 60 761 | 6 098 | 66 859 | 406 | 231 | 636 | 6 907 | 10 893 | 2 580 | 20 380 | 87 876 |

¹⁾ С округлением

7.2 Захоронение твердых отходов (5.A)

7.2.1 Описание источников выбросов парниковых газов

Отходами производства и потребления являются вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению. К ним относят остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства.

В соответствии с используемой в методологии МГЭИК (МГЭИК, 2006) классификацией в расчет выбросов включены следующие отдельные категории отходов:

- твердые коммунальные отходы (ТКО);
- отстой (осадок и ил) сточных вод (ОСВ);
- твердые промышленные отходы (ТПО).

К ТКО в данном разделе отнесены отходы, включаемые в эту категорию в России, т.е. образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К ТКО также отнесены отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами. К ОСВ отнесены осадки сточных вод и ил, образующиеся на различных этапах централизованной очистки коммунально-бытовых стоков. К ТПО в данном разделе отнесены все прочие твердые отходы, образующиеся в стране.

Выбросы от обращения с навозом и пометом рассмотрены в секторе «Сельское хозяйство».

Выбросы от ОСВ, образуемых в сооружениях очистки промышленных предприятий, а также в латринах, рассматриваются совместно с выбросами от сточных вод в разделах 7.5 и 7.6 и исключены из раздела 7.2.

Учитывая, что процесс разложения отходов при их захоронении с выделением парниковых газов продолжается в течении многих лет, для расчетов были использованы данные об обращении с отходами с 1960 года (для ТКО и ТПО) или с 1970 года (для ОСВ) (см. подраздел 7.2.2).

До последнего времени ведущим способом удаления отходов в России являлось их размещение на выбранных площадках, предназначенных для долговременной изоляции и обезвреживания отходов. В настоящее время для захоронения ТКО используются специально оборудованные полигоны, где производится их размещение в грунте или специальных картах, а также уплотнение и покрытие изоляционным материалом (Минздрав, 2001; Госсанэпиднадзор, 2003; Минстрой, 2017; Минстрой, 2022) и проведение других мероприятий по защите окружающей среды. Захоронение большей части биологически разложимых ТПО и ОСВ осуществляется, в зависимости от их опасности, как на специализированных полигонах, так и на полигонах ТКО (Росстандарт, 2012).

После заполнения полигонов (или их частей) отходами производится их вывод из эксплуатации, включающий в т.ч. рекультивацию территории, однако без применения специальных мер (в том числе установок сбора и утилизации биогаза) выделение парниковых газов может продолжаться. Проекты по сбору и сжиганию выделяющегося биогаза (см. подраздел 7.2.2 «Рекуперация метана») функционируют только в последние несколько лет на отдельных крупных полигонах ТКО.

На протяжении рассматриваемого периода времени захоронение отходов могло производиться и на недостаточно оборудованных или несанкционированных площадках (свалках), в настоящее время такие объекты подлежат ликвидации и рекультивации (Федеральный закон, 1998; Президиум Совета при Президенте РФ, 2018; Росприроднадзор, 2021; Росприроднадзор, 2024a).

Результаты оценки выбросов за весь период расчета представлены в таблице 7.2. и рисунке 7.2. Как видно из таблицы, величина выбросов возрастает с 1990 до 2018 года включительно,

что связано, главным образом, с ростом объемов образования и захоронения ТКО, происходящим, несмотря на уменьшение численности населения страны в период 1996-2009 годов. После 2019 года интенсивность роста образования ТКО начинает снижаться, а в последние годы начинает сказываться рост переработки ТКО и внедрение проектов по сжиганию биогаза полигонов. При этом выбросы от захоронения ТПО и ОСВ продолжают увеличиваться, что приводит к неустойчивости суммарного тренда выбросов парниковых газов.

Таблица 7.2

Выбросы CH_4 от отдельных источников при захоронении твердых отходов, Гг¹⁾

| Год | Контролируемые СТО | | | | СТО вне категории | Итого |
|------|--------------------|----------------|-----|-------|-------------------|-------|
| | ТКО (регион 1) | ТКО (регион 2) | ТПО | Итого | ОСВ | |
| 1990 | 507 | 397 | 205 | 1 108 | 149 | 1 257 |
| 1995 | 599 | 445 | 218 | 1 261 | 170 | 1 432 |
| 2000 | 696 | 499 | 202 | 1 397 | 188 | 1 585 |
| 2005 | 813 | 570 | 201 | 1 584 | 196 | 1 780 |
| 2010 | 985 | 688 | 213 | 1 886 | 198 | 2 085 |
| 2014 | 1 125 | 774 | 236 | 2 134 | 197 | 2 331 |
| 2015 | 1 150 | 785 | 237 | 2 173 | 197 | 2 370 |
| 2016 | 1 171 | 793 | 237 | 2 202 | 198 | 2 400 |
| 2017 | 1 189 | 798 | 238 | 2 225 | 200 | 2 425 |
| 2018 | 1 204 | 789 | 244 | 2 237 | 202 | 2 439 |
| 2019 | 1 214 | 771 | 248 | 2 232 | 205 | 2 437 |
| 2020 | 1 227 | 741 | 261 | 2 229 | 207 | 2 436 |
| 2021 | 1 228 | 717 | 263 | 2 209 | 210 | 2 419 |
| 2022 | 1 248 | 682 | 265 | 2 196 | 214 | 2 410 |
| 2023 | 1 246 | 656 | 267 | 2 170 | 218 | 2 388 |

1) С округлением

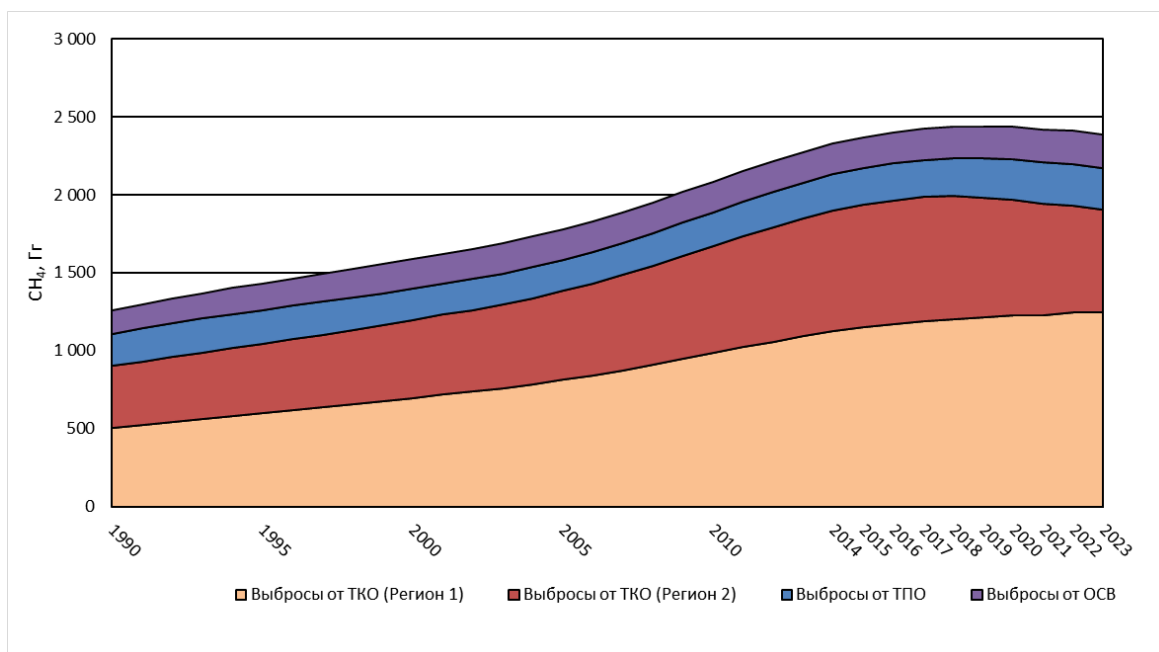


Рисунок 7.2 – Выбросы CH_4 от отдельных источников при захоронении отходов, Гг

7.2.2 Методика оценки выбросов

Для выполнения расчетной оценки выбросов метана использовался метод затухания первого порядка с использованием национальных параметров, соответствующий уровню 2 МГЭИК (формулы 3.4 и 3.5 (МГЭИК, 2006)). В данную категорию включены выбросы CH_4 от контролируемых анаэробных (5.А.1.а) и неклассифицированных (5.А.3) объектов захоронения отходов. В соответствии с используемой методологией МГЭИК (МГЭИК, 2006) в данном разделе все такие объекты описываются термином «свалки твердых отходов» (СТО²⁹).

Оценка выбросов метана от объектов захоронения отходов выполнена как сумма рассчитанных по отдельности оценок выбросов от захоронения централизованно вывозимых на контролируемые СТО ТКО и ТПО, а также от размещения ОСВ на неклассифицированных СТО.

Учитывая приведенные в методике МГЭИК (МГЭИК, 2006) данные о времени полураспада различных типов отходов, наличие данных по объемам и массе захоронения отходов и экономическому развитию России, в расчетах был использован временной ряд с 1960 года (для ТКО и ТПО) и с 1970 года (для ОСВ). Кроме того, принята во внимание информация, что в российских условиях на СТО процесс разложения органического вещества ТКО заканчивается через 30-40 лет после захоронения отходов (Абрамов и др., 1991)

При оценке выбросов метана от ТКО были учтены выбросы, образовавшиеся в период 2014-2022 гг. от отходов, ранее размещенных (с 1960 г.) на территории Республики Крым и г. Севастополь. Выбросы CH_4 от ТКО, происходившие на данных территориях до 2014 г., в кадастре не учитывались.

Коэффициент конверсии метана (MCF)

Так как большая часть отходов в стране размещаются на крупных и очень крупных контролируемых СТО (Воынкина, Зайцева, 2010), все объекты захоронения, на которые централизованно вывозятся ТКО из городских населенных пунктов в соответствии с определением МГЭИК считались контролируемыми анаэробными, и для них принимался MCF, равный 1 (МГЭИК, 2006). Это решение принято на основании данных о зависимости глубины СТО от массы вывозимых отходов и численности охватываемого населения (Абрамов, 1991) и информации о полигонах из Государственного реестра объектов размещения отходов (Росприроднадзор, 2018; 2024с). Все полигоны, на которые вывозятся разложимые ТПО, также считались контролируемыми анаэробными СТО, и для них принимался коэффициент MCF, равный 1 (МГЭИК, 2006). При отсутствии точных данных был использован консервативный подход, исключающий занижение выбросов.

Ввиду отсутствия конкретных данных о полигонах захоронения ОСВ, их ранее допускаемого долговременного размещения в накопителях и на иловых площадках (Минрегион России, 2012b), все такие объекты были приняты как СТО вне категории, и для них принимался коэффициент MCF, равный 0,6 (МГЭИК, 2006).

Содержание органического углерода

Содержание в ТКО органического углерода (DOC) с 1980 по 2008 гг. оценивалось по многолетним результатам изучения среднего состава ТКО СССР и России, относимым к 1980, 1990, 2000, 2004 и 2008 годам (Мирный и др., 1985; Мирный и др., 1990; Систер и др., 2001; Мирный и др., 2005; Мирный и др., 2010) в разных климатических зонах. Данные о составе ТКО после 2008 года основаны на исследовании 2024 года (ФГБУ ИГКЭ, 2024), отнесенные к 2022 году.

Средневзвешенное содержание биоразлагаемого органического углерода DOC(x) в ТКО рассчитывалось с учетом имеющихся данных по эволюции его фракционного состава, национальных данных о содержании C в этих компонентах и значений по умолчанию МГЭИК о соотношении DOC и C_{иск} в этих компонентах (Минжилкомхоз РСФСР, АКХ им. К.Д. Пам

²⁹ Термин используется в соответствии с текстом документа «Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Том 5. Отходы» (МГЭИК, 2006)

филова, 1989; МГЭИК, 2006; Мирный и др., 2010; экспертная оценка). Итоговые данные получены в результате осреднения исходных данных о фракционном составе разных климатических зон в различные годы и приведены в таблице 7.3. Из изучения различных исходных данных и соответствующих исследований видно, что с течением времени в составе ТКО значительно растет доля бумаги (до последнего десятилетия) и пластика, а доля пищевых отходов несколько уменьшается после роста до 2000 года, что связано как с постоянным ростом объемов образования упаковки, так и с ростом доступности продовольствия, улучшением качества и хранения пищевой продукции.

Данные для промежуточных лет между известными значениями были получены путем линейной интерполяции на основе этих значений. Для периода до 1980 года был принят постоянный состав ТКО, соответствующий 1980 году.

Массовое внедрение технологии сортировки ТКО с отбором вторичных материальных ресурсов (ВМР) в России началось только в 2019 году, с началом реформы обращения с отходами. Тем не менее, к настоящему времени влияние этого процесса на состав захораниваемых ТКО пока принимается как незначительное, так как, по разным данным (Минприроды России, 2021; Минприроды России, 2022; данные Росприроднадзора по запросам), итоговое извлечение ВМР к 2022 году составило всего около 5% (от общей массы образованного ТКО), при этом основными компонентами отбора были металлы, пластик и стекло, а количество отобранных органических составляющих (в т.ч. картон и бумага, древесина) было незначительным (ООО «ИПЭиГ», 2021). Таким образом, содержание органического вещества в образцах ТКО принимается для расчетов как DOC для захораниваемых.

Таблица 7.3

*Усредненный морфологический состав основных органических компонентов ТКО
(% по сырой массе) и содержание DOC (% по сырой массе)*

| Компонент/год | DOC% | 1980 | 1990 | 2000 | 2004 | 2008 | 2022 |
|------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Бумага | 27,1 | 27,2 | 24,7 | 30,0 | 32,5 | 41,5 | 15,2 |
| Текстиль | 24,2 | 5,3 | 5,7 | 4,3 | 4,3 | 4,0 | 4,8 |
| Пищевые отходы | 12,6 | 38,1 | 37,3 | 41,5 | 36,7 | 31,0 | 34,6 |
| Дерево | 40,5 | 2,1 | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 1,5 | 1,5 |
| Отсев | 7,0 | 11,0 | 11,3 | 5,8 | 6,0 | 6,0 | 5,8 |
| Прочие (разложимые) | 23,5 | 1,8 | 1,7 | 2,2 | 2,2 | 1,5 | 6,9 |
| Резина и кожа | 45,6* | 3,3 | 3,3 | 1,4 | 1,4 | 0,75 | 1,1 |
| DOC (средневзвешенный) | | 15,5 | 14,8 | 16,2 | 16,3 | 17,5 | 12,3 |

* - считается, что практически не разлагается на СТО и данные использованы только для расчета захоронения углерода

Для оценки содержания DOC в промышленных отходах из общего списка отходов России, классифицированных по отраслям промышленности, были выбраны отрасли в соответствии с классификацией МГЭИК (таблица 2.5 (МГЭИК, 2006)). Использованные для расчетов значения по умолчанию DOC в соответствующих отходах приведены в таблице 7.4. Изменение состава отходов во времени не учитывалось.

В качестве величины DOC для ОСВ было принято значение по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006), равное 0,5.

Таблица 7.4

Содержание DOC в ОСВ (по сухой массе) и отходах разных типов промышленности России (% по сырой массе), значения DOCf и постоянная реакции k для них

| Тип промышленности | DOC% | DOCf% | k |
|--|------|-------|--------|
| Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака | 15 | 0,7 | -0,123 |
| Текстильное и швейное производство | 24 | 0,5 | -0,05 |
| Обработка древесины и производство изделий из дерева Лесное хозяйство и предоставление услуг в этой области | 43 | 0,1 | -0,025 |
| Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность | 40 | 0,5 | -0,05 |
| Сельское хозяйство, охота и предоставление услуг в этих областях. Рыболовство, рыбоводство | 20 | 0,7 | -0,075 |
| Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви | 39 | 0,5 | -0,075 |
| Производство резиновых изделий* | 39 | 0 | 0 |
| Строительство | 4 | 0,1 | -0,025 |
| ОСВ | 50 | 0,7 | -0,123 |

* - считается, что практически не разлагается на СТО и данные использованы только для расчета захоронения углерода

Постоянная реакции (k)

При проведении расчетов выбросы от всех фракций ТКО оценивались отдельно с использованием подхода «состав отходов» (МГЭИК, 2006), для промышленных отходов отдельно по отходам от разных типов промышленности. Использованные значения k приведены в таблицах 7.5 (для ТКО) и 7.4 (для ТПО и ОСВ).

Постоянные реакции k для промышленных отходов и ОСВ рассчитаны как среднее из рекомендованных (МГЭИК, 2006) значений для сухих и влажных отходов при их разложении в арктической и умеренной климатической зоне (Минрегион России, 2012а).

В качестве постоянных реакций k для ТКО учтена климатическая неоднородность территории России и взяты отдельные значения для сухих и влажных регионов, рекомендованные (МГЭИК, 2006) для сухих и влажных отходов при их разложении в арктической и умеренной климатической зоне (Минрегион России, 2012а). В расчете рассмотрены только значения k для арктической и умеренной климатических зон, так как в соответствии с главой 3 (МГЭИК, 2003) и СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» (Минрегион России, 2012а) к ним относится вся территория России.

Использованный для ТКО метод предполагает, что содержание влаги на СТО пропорционально среднегодовой норме осадков (МАР) на участках СТО или соотношению МАР и потенциальной эвапотранспирации (РЕТ). Для учета этого фактора при расчете были изучено распределение соответствующих параметров на территории России. Работа была проведена в рамках важнейшего инновационного проекта государственного значения "Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ" (ВИП ГЗ) и раздела плана мероприятий по реализации его первого этапа (2022 - 2024 годы) «Техническое перевооружение, цифровизация и актуализация Национального кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, совершенствование сбора исходных данных» (утверждены Распоряжением Правительства РФ от 29 октября 2022 г. № 3240-р).

Полученные данные с соотнесены с административными районами России, для которых возможно получение необходимой статистической информации по количеству вывозимых отходов и населению. Результаты районирования территории России по условиям влажности и соответствующие им значения k приведены в таблице 7.5 (ФГБУ «ИГКЭ», 2023).

Таблица 7.5

*Районирование территории России по условиям влажности
и соответствующие постоянные реакции k*

| Субъект Российской Федерации | |
|---|------------------------------------|
| Регион 1 (сухой) (МАР/РЕТ <1) | |
| $k = 0,05$ | |
| Алтайский край | Республика Башкортостан |
| Амурская область | Республика Бурятия |
| Астраханская область | Республика Дагестан |
| Белгородская область | Республика Ингушетия |
| Брянская область | Республика Калмыкия |
| Владимирская область | Республика Крым |
| Волгоградская область | Республика Марий Эл |
| Воронежская область | Республика Мордовия |
| Город федерального значения Севастополь | Республика Саха (Якутия) |
| Забайкальский край | Республика Татарстан (Татарстан) |
| Иркутская область | Республика Удмуртия |
| Кемеровская область - Кузбасс | Республика Чувашия |
| Краснодарский край | Ростовская область |
| Красноярский край | Рязанская область |
| Курганская область | Самарская область |
| Курская область | Саратовская область |
| Липецкая область | Свердловская область |
| Нижегородская область | Ставропольский край |
| Новосибирская область | Тамбовская область |
| Омская область | Томская область |
| Оренбургская область | Тульская область |
| Орловская область | Тюменская область (с ЯНАО и ХМАО*) |
| Пензенская область | Ульяновская область |
| Приморский край | Чеченская Республика |
| Республика Адыгея (Адыгея) | Чукотский автономный округ |
| Республика Алтай | Челябинская область |
| Регион 2 (влажный) (МАР/РЕТ ≥ 1) | |
| $k = 0,09$ | |
| Архангельская область (с НАО) | Ленинградская область |
| Вологодская область | Магаданская область |
| Город Москва | Московская область |
| Город Санкт-Петербург | Мурманская область |
| Еврейская автономная область | Новгородская область |
| Ивановская область | Пермский край |
| Кабардино-Балкарская Республика | Псковская область |
| Калининградская область | Республика Северная Осетия-Алания |
| Калужская область | Республика Тыва |
| Камчатский край | Республика Хакасия |
| Карачаево-Черкесская Республика | Сахалинская область |
| Кировская область | Смоленская область |
| Костромская область | Тверская область |
| Республика Карелия | Хабаровский край |
| Республика Коми | Ярославская область |

* - ввиду отсутствия корректных отдельных данных отнесены к Региону 1, вместе с Тюменской областью, в состав которой входят

Доля органического углерода, подвергшегося распаду; доли метана в свалочном газе и коэффициент окисления метана

Значения доли органического углерода, подвергшегося распаду ($\text{DOC}_F=0,5$) и доли метана в свалочном газе ($F=0,5$) для полигонов ТКО приняты по умолчанию (МГЭИК, 2006). Значения DOC_F для промышленных отходов и ОСВ приняты по умолчанию (IPCC, 2019) для каждого вида отходов.

Коэффициент окисления метана принимался равным нулю (МГЭИК, 2006). Эти значения использованы во всех расчетах выбросов.

Рекуперация метана

Рекуперация свалочного метана с целью его обезвреживания (утилизации) на СТО в России имеет место только на полигонах ТКО и в ограниченном масштабе. Сбор данных об истории реализации таких проектов представляет значительную сложность, так как информация о них является разрозненной и неполной. Однако согласно накопленным сведениям, до последних лет большая их часть была реализована только в тестовом режиме в течение года или менее, и соответственно, количество извлеченного и сожженного метана было очень незначительным. Только ряд установок проработали более долгий срок (Гурвич, 2001; Сергушкин, 2012), однако и они охватывали незначительные по площади части полигонов. Однако, в последние годы в России запущена компания по внедрению на крупных полигонах ТКО систем сжигания биогаза и разработчиками кадастра начат сбор соответствующих данных и учет их при оценке выбросов метана от захоронения ТКО. Используемые в расчетах данные приведены в Таблице 7.6.

Официальная статистическая информация о деятельности таких проектов не собирается, для оценки выбросов используются данные об объеме сжигаемого биогаза, полученные непосредственно от предприятий и отдельных ведомств. При проведении расчетов выбросы биогаза были пересчитаны в выбросы метана согласно его среднему составу и плотности.

В расчетах учтены наиболее крупные проекты обезвреживания и утилизации биогаза, реализующиеся в России в последнее десятилетие в рамках программы дегазации полигонов. Сжигание биогаза в этих системах ведется как с получением и использованием электроэнергии или тепла, так и без. Выбросы ПГ от сжигания биогаза в секторе «Отходы» не оценивались ввиду их незначительности. Выбросы ПГ при сжигании биогаза с использованием электроэнергии были включены в сектор «Энергетика», в том числе CO_2 в качестве дополнительной информации как выбросы при сжигании биотоплива. Соответственно, в таблицах ОТО сжигаемый биогаз и выбросы от него включены вместе с другими видами такого топлива в раздел Энергетика, категория 1.A.5a Стационарное сжигание/биомасса (или 1.A(b). CO_2 от сжигания топлива/Газ из биомассы).

Исходные данные по ТКО

Централизованно вывозимые ТКО в рассматриваемый период захоранивались на крупных или средних контролируемых СТО или перерабатывались на предприятиях по промышленной переработке мусора – отправлялись на вторичную переработку, сжигались или компостировались (Абрамов и др., 1991; Мирный и др., 2010; Минприроды России, 2013).

Внедрение массовой сортировки ТКО и выборка ВМР России началась только в 2019 году с началом реформы обращения с отходами. В настоящем Кадастре изменение массы и состава ТКО в результате этого процесса не учитывалось (за исключением одновременного компостирования органических остатков сортировки, см. далее), в том числе из-за значительного расхождения различных статистических данных разных ведомств (Росстат, 2022; ЕМИСС, 2024), отсутствия данных о компонентном составе отбираемых ВМР и незначительного влияния на массу и состав органической составляющей захораниваемых ТКО. Так, по оценке ФГБУ «ИГКЭ», итоговое извлечение ВМР в 2023 г. составило всего около 5% (от общей массы образованного ТКО), при этом основными компонентами отбора были металлы, пластик и стекло, а количество отобранных органических составляющих (картон, бумага, древесина) было незначительным. Таким образом, вся масса образуемых ТКО, за исключением сожженных или компостированных, считалась захороненными на СТО.

Использованные в расчетах данные о массе организовано вывозимых из городских населенных пунктов ТКО за 1960-1990 гг. взяты из отчета Академии коммунального хозяйства им.

К.Д. Памфилова (Абрамов и др., 1991, Абрамов и др., 1992). Данные о централизованном вывозе ТКО в 1991-1998 гг. статистикой не собирались и оценены путем интерполяции. Данные за 1999-2006 гг. получены на основе данных об объеме организованно вывозимых из городских населенных пунктов ТКО из официальных публикаций Росстата (Росстат, 2004b; Росстат, 2007), за период 2007 – 2019 гг. из единой базы федеральных статистических данных (ЕМИСС, 2024). Для пересчета этих значений в массу ТКО были использованы национальные значения для плотности ТКО в 0,21 тонн/м³ (Масленников, 2006; Мирный и др., 2010) для периода до 2010 года. Для более поздних лет было принято решение изменить это значение исходя из значительного изменения состава ТКО и получения параллельных статистических данных Росстата и Росприроднадзора (за 2020-2021 гг.) о массе собираемых ТКО (Росстат, 2022; ЕМИСС, 2024). На основе этой информации было принято значение плотности ТКО в 0,15 тонн/м³ для 2021 года. Данные для промежуточных лет между известными значениями были получены путем линейной интерполяции на основе этих значений.

Для периода 2020 – 2023 гг. были использованы данные Росприроднадзора из статистики об обращении с ТКО региональных операторов, включая информацию о наличии ТКО на конец и начало отчетного года, образовании и поступлении ТКО (получены по запросу). Прямые данные о захоронении ТКО были признаны менее надежными для оценки выбросов.

Данные об отходах, централизованно вывозимых на территории Республики Крым и г. Севастополь за 2014-2023 гг., включены в российскую статистику об обращении с ТКО, описанную выше (включены в таблицу 7.6). Данные о вывозе ТКО в Крыму с 1960 до 2013 г. рассчитаны исходя из данных за 2014-2017 гг. (ЕМИСС, 2024) о соотношении вывоза отходов на его территории и на остальной территории России (результаты расчета в таблицу 7.6 не входят).

Для определения массы ТКО, образуемых в климатических регионах 1 и 2 были использованы данные с 2007 года об обращении с ними в различных административных образованиях РФ, доступные из статистики, описанной выше. При определении вывоза ТКО для более ранних лет было использовано усредненное соотношение вывозимых по регионам 1 и 2 ТКО к общему вывозу ТКО в России в период 2007-2013 гг. без учета изменения этого соотношения во времени. Эти соотношения составляли 0,62 для региона 1 и 0,38 для региона 2.

На основании проведенного районирования стало возможным определить распределение массы ТКО, захораниваемых на СТО в различных условиях влажности. Количество захораниваемых ТКО рассчитывалось путем вычитания из массы централизованно вывозимых ТКО их количества, утилизированного на мусоросжигательных и компостных (мусороперерабатывающих) заводах в соответствии с местоположением этих установок. Полученные результаты приведены в таблице 7.6.

Начало использования в России в промышленных масштабах технологии сжигания ТКО относится к 1975 г. Суммарная годовая установленная мощность мусоросжигающих заводов (МСЗ) в 1975-2002 гг. определялась по данным работ (Мирный и др., 1990; Мирный и др., 2010; Сперанская, Цитцер, 2004). При анализе работы МСЗ первого поколения было отмечено, что их эффективность была ниже проектируемой, ввиду отличия в составе ТКО страны и других проблем (Пурим, 2002). Для учета этого влияния был введен коэффициент использования мощности МСЗ, равный 0,7 на основании анализа данных, приведенных в работе (Сперанская, Цитцер, 2004). Начиная с 2003 г. использовались также фактические данные о количестве сжигаемых на заводах отходов, публикуемые в ежегодных докладах Роспотребнадзора и докладах об охране окружающей среды, издаваемых в регионах России, а также в официальных отчетах и письменных ответах заводов.

Утилизация ТКО с производством компоста применяется с 1971 г. Годовая мощность отдельных мусороперерабатывающих предприятий по производству компоста в 1971-2009 гг. определялась на основании данных, приведенных в работах (Тимонин, 2003; Мирный и др., 1990). Для более поздних лет были использованы данные о мощности или массе ТКО, поступивших на компостирование, полученные непосредственно от заводов и от ППК «Российский экологический оператор». Для новых мусоросортировочных комплексов, построенных после 2019 г. (на территории г.Москвы и Московской области), предусматривающих высокий уровень отбора ВМР, отделение органической составляющей ТКО и его компостирование, было принято, что вся поступающая на сортировку масса ТКО исключается из процесса захоронения, так как практически вся органика либо компостируется, либо отбирается как ВМР.

Общее количество ТКО, направляемых на сжигание и компостирование, относительно невелико и в период после 1990 г. составляет около 2-3% от всех централизованно вывозимых ТКО, за исключением нескольких последних лет.

Сводные данные о вывозе, сжигании, переработке и захоронении ТКО в России приводятся в таблице 7.6.

Отходы, не попадавшие в систему централизованного сбора ТКО, не рассматривались как возможный источник ПГ от анаэробного разложения, так как их органические компоненты по большей части сжигались, компостировались или повторно использовались в личных хозяйствах (так как большая часть таких ТКО образовывалась на сельских территориях), а в отдельных случаях – размещались в аэробных условиях на площадках накопления (Роспотребнадзор, 2006).

Исходные данные по ТПО

Данные о массе захороненных ТПО (по типам промышленности) основаны на данных статистической отчетности по массе захоронения отходов с 2009 года, предоставленных Росприроднадзором по запросам, а также размещенные на его официальном сайте (Росприроднадзор, 2024b). В состав данных включены все виды отходов производства и потребления, включая вещества, полученные в процессе очистки отходящих газов и сточных вод, кроме радиоактивных веществ. Для проведения расчетов были выделены те отрасли промышленности, отходы которых содержат органический углерод и соответствуют классификации таблицы 2.5 МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Поскольку надежных статистических данных по объемам захоронения отходов по отраслям промышленности до 2009 г. не имеется, объемы захоронения, начиная с 1960 года, определялись с помощью драйверов, в качестве которых были выбраны индекс промышленного производства и индекс производства продукции сельского хозяйства России (ЦСУ РСФСР, 1962, 1966, 1970, 1981, 1986, 1991; ЕМИСС, 2024). При этом, межгодовое изменение объема захоронения ТПО считалось пропорциональным межгодовым изменениям индексов. Итоговые значения приведены в таблице 7.7.

Исходные данные по ОСВ

Данные о массе размещенных ОСВ с 1990 года основаны на расчетных данных о массе образованного осадка и ила централизованных сооружений по очистке КБС (включая поступление в него жидких бытовых отходов из септиков), описанных в разделе 7.5. При этом стабилизированный в метантенках или анаэробных сооружениях ОСВ исключен из рассмотрения, как практически не дающий выбросы метана при захоронении. Ввиду отсутствия точных данных или информации о широком применении технологии компостирования для утилизации ОСВ весь остальной образующийся отстой, за исключением сожженного на специализированных заводах в г. Санкт-Петербург, считался размещенным на СТО. Данные с 1970 по 1989 гг. были восстановлены с использованием информации о численности населения. Используемые в расчетах данные о количестве захораниваемых ОСВ приведены в таблице 7.15 в разделе 7.5.

Выбросы от ОСВ, образуемых в латринах при сборе и очистке бытовых стоков, а также в очистных сооружениях при очистке промышленных сточных вод, рассматриваются совместно с выбросами от сточных вод в разделах 7.5 и 7.6.

7.2.3. Оценка неопределенностей

Оценка неопределенностей выбросов CH_4 проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (МГЭИК, 2000, 2006) для контролируемых анаэробных СТО (ТКО и ТПО) и для СТО вне категории для ОСВ.

Использовались формулы расчета неопределенностей от суммы и произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; МГЭИК, 2006). Неопределенности, свойственные методу, не учитывались.

Захоронение ТКО и ТПО на контролируемых СТО. Неопределенность исходных данных Росстата о централизованном вывозе и захоронении ТКО и ТПО принята в 30% как для стран,

обладающих данными о вывозе отходов. Для использованных в расчете по ТКО национальных значений DOC принятая неопределенность составила 10%, а для значений DOC по ТПО - 30%. Общая неопределенность состава отходов ТКО и ТПО составила 30%, так как были использованы реальные национальные данные, основанные на исследованиях и статистической отчетности. Для оценки неопределенности MCF, k, DOC_f и F приняты данные МГЭИК (МГЭИК, 2006) по умолчанию. Общая неопределенность данных для оценки выбросов CH₄ от захоронения ТКО и ТПО на контролируемых анаэробных СТО составила 38%, а коэффициентов и параметров – 28%.

Захоронение ОСВ на СТО вне категории. Неопределенность исходных данных об количестве ОСВ, размещаемых на полигонах принята в 100%, для использованных в расчете значений DOC принятая неопределенность составила 20% по умолчанию (МГЭИК, 2006). Для оценки неопределенности MCF, k, DOC_f и F приняты данные МГЭИК (МГЭИК, 2006) по умолчанию. Общая неопределенность данных для оценки выбросов CH₄ от захоронения ОСВ на СТО вне категории составила 100%, а коэффициентов и параметров – 55%.

7.2.4. Оценка и контроль качества

В процессе подготовки раздела была предпринята пошаговая перепроверка данных о деятельности и параметров, использованных в расчете выбросов ПГ от данной категории источников. Также выполнено сравнение значений оценок выбросов за разные годы. Указанные мероприятия выполнялись разработчиками кадастра, ответственными за расчет выбросов по сектору «Отходы», и соответствуют процедурам контроля качества, выполнение которых предписано регламентом уровня 2 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006).

В целях обеспечения качества расчетов выбросов ПГ, экспертами ФГБУ ИГКЭ, не участвующими напрямую в расчетах выбросов в секторе «Отходы», был произведен контроль корректности расчетов и проверена правильность заполнения таблиц ОТО. Кроме того, в рамках обеспечения качества ежегодно проводится независимая проверка данных о деятельности, использованных в расчетах выбросов от твердых отходов, ответственными специалистами Росстата и Росприроднадзора на этапе согласования национального кадастра до представления кадастра в Секретариат РКИК ООН. Поступающие от министерств и ведомств замечания и исправления в обязательном порядке вносятся в текст доклада и таблицы ОТО. При необходимости, выполняется пересчет величин выброса ПГ. Все выполненные пересчеты и исправления вновь согласуются с заинтересованными министерствами и ведомствами. Ежегодные мероприятия по обеспечению качества соответствуют уровню 2 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006).

После представления кадастра в Секретариат РКИК ООН его электронная версия находится в свободном доступе на сайтах Росгидромета и ФГБУ «ИГКЭ». Таким образом, она открыта для комментариев и предложений широкого круга специалистов. Поступающие от них предложения учитываются при подготовке кадастра от данной категории источников в следующем году.

7.2.5. Перерасчеты

В текущем Кадастре была произведена переоценка выбросов CH₄ от захоронения отходов из-за:

- корректировки технической ошибки в расчетах выбросов от захоронения ТКО;
- уточнения распределения данных о компостировании и сжигании ТКО по регионам;
- некоторого уточнения исторических данных о захоронении ТКО на территории Республики Крым и г.Севастополь;
- незначительного уточнения количества сжигаемого биогаза в 2016-2018 и 2022 гг.;
- уточнения количества ОСВ, размещенных на СТО вне категории.

В результате был произведен перерасчет выбросов CH₄ от СТО для всего расчетного периода, а также данных о длительном хранении углерода. На последние данные также оказали влияние учет захоронения резины на СТО.

Таблица 7.6

Данные об обращении с ТКО и о количестве сжигаемого биогаза на СТО

| Год | Вывоз ТКО ^{1,4)} | Образование ТКО ²⁾ | Сжигание ТКО | Переработка ТКО на компост ³⁾ | Захоронение ТКО Регион 1 | Захоронение ТКО Регион 2 | Сжигание биогаза Регион 1 | Сжигание биогаза Регион 2 |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|--|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | млн. м ³ | тыс.тонн | тыс.тонн | тыс.тонн | тыс.тонн | тыс.тонн | тыс.м куб. | тыс.м куб. |
| 1960 | н.д. | 3 000 | 0 | 0 | 1 865 | 1 135 | 0 | 0 |
| 1965 | н.д. | 6 800 | 0 | 0 | 4 227 | 2 573 | 0 | 0 |
| 1970 | н.д. | 10 700 | 0 | 0 | 6 652 | 4 048 | 0 | 0 |
| 1975 | н.д. | 16 950 | 91 | 135 | 10 537 | 6 187 | 0 | 0 |
| 1980 | н.д. | 22 000 | 147 | 135 | 13 621 | 8 097 | 0 | 0 |
| 1985 | н.д. | 24 800 | 497 | 255 | 15 152 | 8 896 | 0 | 0 |
| 1990 | н.д. | 26 400 | 508 | 240 | 16 141 | 9 511 | 0 | 0 |
| 1995 | н.д. | 28 536 | 455 | 320 | 17 509 | 10 252 | 0 | 0 |
| 2000 | 151,53 | 31 822 | 391 | 387 | 19 555 | 11 489 | 0 | 0 |
| 2005 | 186,38 | 39 139 | 654 | 387 | 24 104 | 13 994 | 0 | 0 |
| 2010 | 235,41 | 49 436 | 1 010 | 407 | 30 472 | 17 547 | 0 | 0 |
| 2014 | 262,79 | 49 628 | 951 | 328 | 31 180 | 17 169 | 0 | 0 |
| 2015 | 266,55 | 48 705 | 633 | 378 | 30 593 | 17 101 | 0 | 1 184 |
| 2016 | 268,76 | 47 643 | 657 | 242 | 30 035 | 16 710 | 0 | 3 395 |
| 2017 | 274,42 | 47 151 | 666 | 183 | 30 143 | 16 159 | 0 | 5 373 |
| 2018 | 275,43 | 45 822 | 740 | 582 | 28 469 | 16 031 | 0 | 33 690 |
| 2019 | 304,40 | 48 980 | 578 | 1 861 | 31 256 | 15 284 | 0 | 81 077 |
| 2020 | 334,33 ⁴⁾ | 45 819 | 579 | 4 919 | 26 431 | 13 890 | 0 | 149 918 |
| 2021 | 349,47 ⁴⁾ | 54 186 | 660 | 7 325 | 35 718 | 10 482 | 0 | 178 756 |
| 2022 | н.д. | 45 200 | 580 | 10 092 | 27 006 | 7 522 | 0 | 192 169 |
| 2023 | н.д. | 45 305 | 600 | 10 044 | 26 339 | 8 322 | 0 | 148 187 |

¹⁾ За 2000, 2005, 2010, 2013-2020 гг. данные Росстата²⁾ При наличии информации Росстата об объеме вывоза ТКО данные о массе образуемых ТКО рассчитаны с использованием значения плотности отходов, для периода после 2020 использованы данные Росприроднадзора³⁾ После 2018 года включает всю массу ТКО, поступающих на мусоросортировочные комплексы с применением технологии компостирования⁴⁾ Данные Росстата о вывозе ТКО за 2020 и 2021 годы в расчетах не используются.

Таблица 7.7

Индексы промышленного производства и производства продукции сельского хозяйства и масса захороненных промышленных отходов

| Год | Индексы, % к 2000 году | | Захоронение на СТО отходов, образованных в отраслях производства, т. | | | | | | | |
|------|-------------------------------|--|--|--------------------------|--|-------------------------------|--------------------|---|--|--|
| | Промышленного производства | Производства продукции сель- ского хозяйства | Целлюлозно-бу- мажное, изда- тельное и поли- графическое | Текстильное и швейное | Древесина и из- делия из дерева, лесное хозяй- ство | Кожа, изде- лия из кожи | Строитель- ство | Производ- ство пише- вых продук- тов | Производство резиновых изде- лий | Сельское хозяй- ство и охота, рыболовство и рыбоводство |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1960 | 37,8 | 99,6 | 332 450 | 9 968 | 103 330 | 4 967 | 376 112 | 154 829 | 5 460 | 266 700 |
| 1965 | 54,7 | 108,3 | 481 180 | 14 427 | 149 558 | 7 189 | 544 375 | 224 096 | 7 902 | 289 996 |
| 1970 | 81,3 | 134,6 | 715 421 | 21 450 | 222 363 | 10 688 | 809 380 | 333 188 | 11 749 | 360 420 |
| 1975 | 115,5 | 134,3 | 1 016 561 | 30 479 | 315 962 | 15 187 | 1 150 070 | 473 436 | 16 695 | 359 616 |
| 1980 | 141,4 | 139,5 | 1 244 902 | 37 326 | 386 934 | 18 598 | 1 408 401 | 579 780 | 20 445 | 373 540 |
| 1985 | 167,1 | 154,4 | 1 471 352 | 44 115 | 457 318 | 21 981 | 1 664 590 | 685 242 | 24 164 | 413 438 |
| 1990 | 190,6 | 164,7 | 1 678 104 | 50 314 | 521 579 | 25 070 | 1 898 496 | 781 532 | 27 560 | 441 019 |
| 1995 | 95,1 | 110,3 | 837 069 | 25 098 | 260 173 | 12 505 | 947 005 | 389 842 | 13 747 | 295 351 |
| 2000 | 100,0 | 100,0 | 880 337 | 26 395 | 273 622 | 13 152 | 995 955 | 409 993 | 14 458 | 267 771 |
| 2005 | 131,1 | 112,2 | 1 154 456 | 34 614 | 358 822 | 17 247 | 1 306 075 | 537 657 | 18 960 | 300 314 |
| 2010 | 143,5 | 115,9 | 1 609 730* | 31 387* | 231 562* | 14 514* | 1 068 517* | 447 512* | 23 939* | 237 826* |
| 2014 | 160,3 | 146,4 | 1 139 856* | 118 735* | 393 861* | 28 927* | 1 744 371* | 711 641* | 29 638* | 325 535* |
| 2015 | 160,7 | 149,5 | 1 041 527* | 34 533* | 473 994* | 11 557* | 1 845 751* | 587 867* | 16 386* | 356 674* |

Продолжение таблицы 7.7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-------------|-------|-------|------------|---------|----------|---------|------------|------------|---------|----------|
| 2016 | 163,6 | 156,7 | 1 030 809* | 30 911 | 516 590* | 18 499 | 1 915 980* | 751 653* | 11 106* | 360 927* |
| 2017 | 169,6 | 161,2 | 1 363 818* | 40 087* | 391 860* | 25 442* | 2 853 001* | 1 047 061* | 22 343* | 395 901* |
| 2018 | 175,5 | 160,9 | 1 530 426* | 39 421* | 540 683* | 20 978* | 2 996 132 | 690 894* | 21 991* | 439 973* |
| 2019 | 181,5 | 167,8 | 1 649 741* | 34 032 | 457 939* | 35 048* | 3 139 263* | 1 832 917* | 14 677 | 368 119* |
| 2020 | 177,7 | 170,0 | 1 583 274* | 28 642* | 459 431* | 17 854* | 2 109 221* | 726 455* | 25 432* | 348 048* |
| 2021 | 188,9 | 168,8 | 1 578 407* | 43 569* | 423 022* | 25 909* | 2 985 230* | 660 836* | 23 355 | 381 649* |
| 2022 | 190,2 | 187,9 | 1 473 085* | 34 196* | 363 463* | 23 667* | 3 810 759* | 627 614* | 27 646* | 518 472* |
| 2023 | 198,4 | 211,0 | 1 700 089* | 35 683* | 298 746* | 24 136* | 4 534 463 | 681 753* | 21 287 | 415 318* |

* – данные, полученные из статистической отчетности Росприроднадзора

7.2.6. Планируемые усовершенствования

В дальнейшем планируется уточнение количества захораниваемых отходов, в том числе по СТО различных типов и степени контролируемости. Будет проводиться сбор данных для получения информации компонентном составе ТКО в зависимости от используемых в стране технологий обращения с ними.

7.3 Биологическая обработка твердых отходов (5.В.)

7.3.1 Описание источников выбросов парниковых газов

Оценка выбросов ПГ от биологической обработки твердых отходов включает оценку выбросов CH_4 и N_2O от компостирования ТКО.

Выбросы CH_4 от сбраживания ОСВ в метантенках при очистке бытовых стоков рассматриваются в разделе 7.5.

К ТКО в России относят отходы, образующиеся в жилых и общественных зданиях, объектах бытового обслуживания и торговли, отходы от отопительных устройств местного отопления, смет с дворовых территорий и крупногабаритные отходы. Образующиеся при биологической обработке конечные продукты чаще всего удаляются на объекты захоронения отходов, либо (в редких случаях) используют в ландшафтном планировании территорий.

Утилизация ТКО по технологии аэробного биотермического компостирования применяется в России с 1971 года на специализированных мусороперерабатывающих заводах, ранее без предварительной сортировки, а в последние годы – с сортировкой. Анаэробная переработка ТКО и биологическая обработка промышленных отходов и ОСВ (за исключением его сбраживания в метантенках) в расчетах не учитывается, так как сведения о наличии такой деятельности отсутствуют.

7.3.2 Методика оценки выбросов

Выбросы CH_4 и N_2O при биологической обработке рассчитаны с помощью метода по умолчанию, указанного в уравнениях 4.1 и 4.2. (МГЭИК, 2006). Полученные результаты приведены в таблице 7.8.

Коэффициенты выбросов

При оценке выбросов ПГ от компостирования ТКО использованы коэффициенты по умолчанию для выбросов CH_4 и N_2O при биологической обработке сухих отходов (IPCC, 2006 таблица 4.1). Для пересчета сырых ТКО в сухие было использовано значение их влажности, равное 50% (Мирный и др., 2005).

Исходные данные о компостировании ТКО

Утилизация ТКО с производством компоста применяется в России с 1971 г. Для периода 1990-2009 годов были использованы данные о суммарной годовой мощности мусороперерабатывающих предприятий с технологией компостирования, которая определялась на основании данных, приведенных в литературных источниках (Мирный и др. 1990; Тимонин, 2003). Для более поздних лет были использованы данные, полученные по запросам непосредственно от предприятий, из их открытых данных, а также информации о мощности компостных установок и мусороперерабатывающих предприятий, полученной от Российского экологического оператора.

Данные о биологической переработке ТКО приводятся в таблице 7.8, при этом общее количество компостируемых отходов, относительно всех образующихся ТКО, невелико.

Таблица 7.8

Компостирование ТКО и выбросы парниковых газов от биологической обработки отходов

| Год | Масса компостируемых отходов* | Выброс CH ₄ | Выброс N ₂ O |
|------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|
| | тыс. тонн | Гг | Гг |
| 1990 | 240 | 1,20 | 0,07 |
| 1995 | 320 | 1,60 | 0,10 |
| 2000 | 387 | 1,94 | 0,12 |
| 2005 | 387 | 1,94 | 0,12 |
| 2010 | 407 | 2,04 | 0,12 |
| 2014 | 328 | 1,64 | 0,10 |
| 2015 | 378 | 1,89 | 0,11 |
| 2016 | 242 | 1,21 | 0,07 |
| 2017 | 183 | 0,91 | 0,05 |
| 2018 | 164 | 0,82 | 0,05 |
| 2019 | 415 | 2,07 | 0,12 |
| 2020 | 1026 | 5,13 | 0,31 |
| 2021 | 1392 | 6,96 | 0,42 |
| 2022 | 1917 | 9,59 | 0,58 |
| 2023 | 2900 | 14,50 | 0,87 |

* – после 2018 года данные включают реальные объемы отсортированных ТКО, передаваемых на компостирование на мусоросортировочных комплексах

7.3.3 Оценка неопределенностей

Оценка неопределенностей выбросов CH₄ и N₂O проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (МГЭИК, 2000, 2006) для процессов компостирования ТКО. Использовались формулы расчета неопределенностей от суммы и произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; МГЭИК, 2006).

Исходные данные, полученные от мусороперерабатывающих заводов, являются данными достаточно высокого качества и их неопределенность оценивается в 10%. Неопределенности, связанные с использованием установленных по умолчанию коэффициентов выбросов для CH₄ и N₂O высоки, и составляют соответственно 100% и 112% (МГЭИК, 2006).

Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CH₄ и N₂O от компостирования ТКО практически полностью определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 100% и 113%.

7.3.4. Оценка и контроль качества

В процессе подготовки раздела была предпринята поэтапная перепроверка данных о деятельности и параметров, использованных в расчете выбросов ПГ от данной категории источников. Также выполнено сравнение значений оценок выбросов за разные годы. Указанные мероприятия выполнялись разработчиками кадастра, ответственными за расчет выбросов по сектору «Отходы», и соответствуют процедурам контроля качества, выполнение которых предписано регламентом уровня 2 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006). После представления кадастра в Секретариат РККИК ООН его электронная версия находится в свободном доступе на сайтах Росгидромета и ИГКЭ. Таким образом, она открыта для комментариев и предложений широкого круга специалистов. Поступающие от них предложения учитываются при подготовке кадастра по данной категории источников в следующем году.

7.3.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем Кадастре перерасчет выбросов ПГ от биологической переработки отходов не производился. В дальнейшем планируется уточнение количества и видов отходов, подвергавшихся биологической переработке, а также применяемых технологий.

7.4 Сжигание отходов (5.C)

7.4.1 Описание источников

Оценка выбросов парниковых газов от сжигания отходов включает выбросы парниковых газов от инсинерации (управляемого сжигания) отходов.

ФЗ «Об охране окружающей среды», установлено, что отходы производства и потребления подлежат сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению, условия и способы которых должны быть безопасными для окружающей среды и регулироваться законодательством Российской Федерации (Федеральный закон, 2002). В свою очередь, согласно ФЗ «Об отходах производства и потребления» (Статья 18, Федеральный закон, 1998) и «Об охране атмосферного воздуха» (Федеральный закон, 1999), в РФ запрещено хранение, захоронение и обезвреживание на территориях организаций и населенных пунктах, загрязняющих атмосферный воздух отходов производства и потребления, а также сжигание таких отходов без специальных установок. Таким образом, открытое сжигание отходов в России запрещено в соответствии с национальным законодательством. В случае выявления нарушений законодательства, виновные привлекаются к административной ответственности. К ним также предъявляются иски о возмещении ущерба. В результате, количество отходов, сжигаемых открытым способом, очень невелико. Статистические или иные данные о деятельности, необходимые для оценки выбросов от этого источника отсутствуют, и величину выбросов можно считать незначительной (FCCC, 2003), поэтому оценка выбросов согласно методике МГЭИК не выполнялась (см. п.7.4.2.).

Оценка выбросов парниковых газов от инсинерации отходов включает оценки по следующим категориям источников:

- выбросы CO_2 , CH_4 и N_2O от сжигания ТКО;
- выбросы CO_2 и N_2O от сжигания ОСВ.

Специализированные заводы по сжиганию ТКО действуют в России с 1975 года. Отходы перед сжиганием практически не сортируются и все фракции обрабатываются совместно (Абрамов и др., 1991; Мирный и др., 2010). Часть осадка, образуемого при обработке КБС на централизованных аэробных станциях очистки стоков в г.Санкт-Петербурге, сжигается на специализированных заводах (Васильев, Григорьева, 2006).

Во всех этих случаях в России производится утилизация тепловой, а в некоторых случаях и электрической энергии, полученной в результате сжигания отходов на специализированных заводах. В соответствии с требованиями МГЭИК (МГЭИК, 2006) выбросы от сжигания отходов на этих заводах отнесены к сектору «Энергетика».

В кадастре объемы выбросов от сжигания ТКО и ОСВ, рассчитанные по далее описанной методике (и сжигаемые с получением энергии и тепла), приведены в секторе "Энергетика", в том числе выбросы биогенного CO_2 - только в информационных целях. Так как отходы в данном случае являются топливом, используемым для получения энергии, то они включаются в статистическую отчетность предприятий, производящих электрическую и тепловую энергию (статистические формы 23-Н "Сведения о производстве, передаче, распределении и потреблении электрической энергии" и 4-ТЭР "Сведения об использовании топливно-энергетических ресурсов" (Росстат, 2017а)) и, соответственно, учтены в ТЭБ. Таким образом, в таблицах ОТО сжигаемые отходы и выбросы от них включены совместно с другими видами топлива в раздел «Энергетика»: в секторном подходе как «Другое ископаемое топливо» и «Биомасса» в различных категориях источников и отдельно - в Информационном подразделе «Энергетическое сжигание отходов». Выбросы от сжигания ископаемой части отходов учитывались как выбросы от твердого ископаемого топлива, от сжигания биогенной части отходов и ОСВ –

как выбросы от биомассы. В подходе по видам топлива – в подразделе «Другие виды ископаемого топлива/отходы».

7.4.2 Методика оценки выбросов

Расчет выбросов от инсинерации отходов

Для выполнения расчетов выбросов CO_2 использовалась методика уровня 2а МГЭИК (уравнение 5.2, (МГЭИК, 2006)), отдельно для выбросов от биогенного и ископаемого углерода. Биогенные выбросы CO_2 рассчитывались аналогичным образом, с использованием доли биогенного углерода в общем углероде ТКО вместо доли ископаемого углерода в общем углероде ТКО. Расчет выбросов CH_4 производился по формуле 5.4 МГЭИК (уровень 1, МГЭИК, 2006), а N_2O – по формуле 5.5 (уровень 1, МГЭИК, 2006).

Количество сожженного ТКО пересчитывалось в энергетические единицы (ТДж) исходя из низшей теплоты сгорания ТКО 5,78 МДж/кг (Пурим, 2002). Теплотворная способность сухого осадка была принята 15 ТДж/Гг (Гуляева, 2012).

Ввиду небольшого общего объема сжигания ТКО на МСЗ, выбросы парниковых газов очень невелики: выброс CO_2 , связанный с ископаемой частью углерода ТКО, на протяжении всего периода оценки не превышал 258,8 Гг, связанный с биогенной частью – в пределах 672,1 Гг. Выбросы N_2O и CH_4 в этот период не превышали 0,07 Гг/год каждый.

Выбросы парниковых газов от сжигания осадка так же очень невелики: выброс CO_2 на протяжении всего периода оценки не превышали 125,7 Гг, выбросы N_2O и CH_4 в этот период не превышали 0,1 Гг/год.

Оценка выбросов от открытого сжигания отходов

Оценочный расчет выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O от открытого сжигания отходов проводился с использованием методик, аналогичных использованным при расчете выбросов от инсинерации. Полученные в результате такого расчета выбросы всех парниковых газов очень невелики: их суммарный выброс на протяжении всего периода оценки не превышал 110 Гг CO_2 -экв. в год. (что заметно меньше 500 Гг и, соответственно, 0,05% от всех выбросов ПГ в России даже с учетом ЗИЗЛХ). Ввиду отсутствия исходных данных, необходимых для полноценного расчета выбросов в этой категории, и учитывая, что величина выбросов не превосходит пороговые значения, указанные в Руководящих принципах РКИК ООН (500 Гг CO_2 -экв. в год и 0,05% всех выбросов ПГ в России), выбросы от открытого сжигания отходов считаются в данном кадастре незначительными. Соответственно, в таблицах ОТО для выбросов от данной категории источников использовано обозначение NE.

Доля ископаемого (FCF) и органического (DOC) углерода

В расчетах использованы национальные данные о компонентном составе ТКО, а также данные об элементном составе этих компонентов, указанные в таблице 7.9 с учетом изменения их по годам. Данные для промежуточных лет получены интерполяцией.

Средневзвешенное содержание ископаемого (FCF) и DOC в ТКО рассчитывалось с учетом имеющихся данных по эволюции их фракционного состава, национальных данных о содержании C в этих компонентах и значений по умолчанию МГЭИК о соотношении DOC и Сиск в них (Минжилкомхоз РСФСР, АКХ им. К.Д. Памфилова, 1989; МГЭИК, 2006; Мирный и др., 2010; экспертная оценка).

Состав ТКО с 1980 по 2008 гг. оценивался по многолетним результатам изучения среднего состава ТКО СССР и России, относимым к 1980, 1990, 2000, 2004 и 2008 годам (Мирный и др., 1985; Мирный и др., 1990; Систер и др., 2001; Мирный и др., 2005; Мирный и др., 2010) в разных климатических зонах. Данные о составе ТКО после 2008 года основаны на исследовании 2024 года (ФГБУ ИГКЭ, 2024), отнесенном к 2022 году.

Влажность сжигаемого осадка сточных вод (кека) принята равной 74% (Васильев, 2006; Сараев, 2007), доля DOC – 0,33 (в сухом веществе) (Мирный, 2007).

Таблица 7.9

Усредненный морфологический состав содержащих С компонентов ТКО и содержание FCF и DOC (% по сырой массе)

| Компонент/год | Собщ.% | FCF % (в Собщ) | 1990 | 2000 | 2004 | 2008 | 2022 |
|---------------------------|--------|----------------|------|------|------|------|------|
| Бумага | 27,7 | 2,2 | 24,7 | 30,0 | 32,5 | 41,5 | 15,2 |
| Пищевые отходы | 12,6 | 0,0 | 37,3 | 41,5 | 36,7 | 31,0 | 34,6 |
| Дерево | 40,5 | 0,0 | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 1,5 | 1,5 |
| Текстиль | 40,4 | 40,0 | 5,7 | 4,3 | 4,3 | 4,0 | 4,8 |
| Резина | 65,0 | 29,9 | 3,3 | 1,4 | 1,4 | 0,8 | 1,1 |
| Пластик | 55,1 | 100,0 | 2,8 | 3,8 | 5,5 | 5,5 | 14,1 |
| Прочие (горючие) | 47,0 | 50,0 | 1,7 | 2,2 | 2,2 | 1,5 | 6,9 |
| Отсев | 13,9 | 50,0 | 11,3 | 5,8 | 6,0 | 6,0 | 5,8 |
| Сиск, (средневзвешенный)% | | | 4,5 | 4,2 | 5,1 | 4,8 | 10,9 |
| DOC (средневзвешенный)% | | | 16,4 | 16,8 | 16,9 | 17,8 | 12,7 |

Коэффициент окисления углерода (OF)

В расчетах использовано значение OF по умолчанию МГЭИК для инсинерации отходов ((МГЭИК, 2006), таблица 5.2), равное 1.

Для открытого сжигания отходов в оценочном расчете было применено значение OF по умолчанию МГЭИК ((МГЭИК, 2006), таблица 5.2), равное 0,58.

Коэффициенты выбросов CH_4 (EF)

Использованный в расчете эмиссии от сжигания ТКО коэффициент выбросов CH_4 основан на рекомендуемых МГЭИК значениях для используемой на мусоросжигательных заводах в России технологии "стокер" (с использованием колосниковых решеток). Из соображений консервативности был выбран максимальный из рекомендованных МГЭИК ((МГЭИК, 2006), таблица 5.3) для этих технологий коэффициент, равный 60 для влажного веса. Для расчета выбросов от сжигания осадка (активного ила) использован коэффициент из данных для Японии, равный 9,7 (влажный вес) (МГЭИК, 2006).

Для открытого сжигания отходов в оценочном расчете было применено значение коэффициента выбросов CH_4 по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006), равное 6 500 г/т.

Коэффициенты выбросов N_2O (EF)

Коэффициенты выбросов для расчетов основаны на рекомендуемых данных МГЭИК для EF полунепрерывной инсинерации ((МГЭИК, 2006), таблица 5.6): 60 N_2O /Гг для ТКО и 990 N_2O /Гг для осадков сточных вод (сухой вес).

Для открытого сжигания отходов в оценочном расчете было применено значение коэффициента выбросов N_2O по умолчанию МГЭИК ((МГЭИК, 2006), таблица 5.6), равное 150 кг/Гг (для сухого веса).

Количество сожженных отходов (IW)

Данные о массе сжигания ТКО на МСЗ получены путем умножения суммарной установленной мощности заводов (Мирный, Скворцов, 1997; Мирный и др., 2010; Сперанская, Цитцер, 2004) на коэффициент использования установленной мощности 0,7 (Сперанская, Цитцер, 2004). Начиная с 2003 г, использовались также фактические данные о количестве сжигаемых на заводах отходов, публикуемые в ежегодных докладах Роспотребнадзора и региональных докладах об охране окружающей среды, а также отчетности отдельных заводов и их ответах на запросы экспертов (см. раздел 7.2 Захоронение твердых отходов). Данные о массе сожженных ТКО приводятся в таблице 7.6. ТКО сжигается на заводах без разделения на отдельные компоненты.

Исходные данные для расчета по массе сжигаемого ОСВ в г. Санкт-Петербурге получены по запросу от ГУП «Водоканал Санкт-Петербург» и приведены в таблице 7.11. в разделе 7.5.

Все отходы сжигаются с утилизацией энергии и тепла.

При оценке массы отходов, сожженных открытым способом (для оценочного расчета), был использован рекомендованный МГЭИК подход ((МГЭИК, 2006), уравнение 5.7) с использованием численности населения, использующих такой путь избавления от отходов. При оценке численности людей, предположительно сжигающих отходы, было использовано ориентировочное экспертное значение (с учетом запрещения такой практики на законодательном уровне), равное 5% от всего сельского населения страны. Для расчета массы сжигаемых отходов были использованы нормативы образования отходов потребления за разные годы (Госстрой СССР, 1989; Минрегион РФ, 2010; Минстрой России, 2016). В качестве доли количества отходов, подвергшихся открытому сжиганию, использовано значение 0,6, рекомендованное МГЭИК (МГЭИК, 2006).

7.4.3. Оценка и контроль качества

В целях обеспечения качества расчетов выбросов ПГ, экспертами ФГБУ ИГКЭ, не участвующими напрямую в расчетах выбросов в секторе «Отходы», был произведен выборочный контроль корректности расчетов (от основных категорий источников) и проверена правильность заполнения таблиц ОТО. После представления кадастра в Секретариат РКИК ООН его электронная версия находится в свободном доступе на сайтах Росгидромета и ИГКЭ. Таким образом, она открыта для комментариев и предложений широкого круга специалистов. Поступающие от них предложения учитываются при подготовке кадастра по данной категории источников в следующем году.

7.4.4 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В данном Кадастре перерасчет выбросов от сжигания ТКО и ОСВ не производился.

Планируется дальнейшее уточнение массы и характеристик сжигаемых отходов разных типов, а также применяемых технологиях их сжигания.

7.5 Очистка и сброс бытовых сточных вод (5.D.1)

7.5.1 Описание источников выбросов парниковых газов

Оценка выбросов ПГ от обработки бытовых стоков включает оценку выбросов:

- CH_4 от различных систем очистки и сброса КБС и образуемого при этом ОСВ;
- N_2O от сброса КБС в поверхностные водные объекты.

Результаты оценки выбросов представлены в таблице 7.10.

Под коммунально-бытовыми сточными водами в России понимаются воды, образующиеся в результате хозяйственно-бытовой деятельности населения – сточные воды жилищно-коммунального хозяйства.

Для снижения вредного воздействия стоков на окружающую среду и здоровье человека, сточные воды собирают и пропускают через специальные системы очистки. Состав таких сооружений может отличаться в разных регионах, а также в сельских и городских населенных пунктах, в зависимости от доступного технического оснащения и необходимого уровня очистки стоков. В отдельных случаях, возможен сброс (в том числе несанкционированный) стоков в водные объекты без очистки.

Наиболее распространенным методом очистки стоков жилищно-коммунального хозяйства в России является использование централизованных аэробных водоочистных сооружений. Такие системы обычно организованы в населенных пунктах как комплекс инженерных и биологических сооружений для сбора, очистки и отведения бытовых сточных вод в водные объекты. В эту систему очистки могут приниматься и стоки промышленных предприятий, отвечающие по их физико-химическим характеристикам правилам их приема в системы канализации населенных пунктов.

Таблица 7.10

Выбросы парниковых газов от очистки сточных вод, Гг

| Год | Выброс CH_4 от очистки КБС | Выброс CH_4 от очистки промышленных стоков | Выброс N_2O от КБС |
|------|-------------------------------------|---|------------------------------------|
| 1990 | 353 | 307 | 9 |
| 1995 | 328 | 141 | 8 |
| 2000 | 310 | 160 | 8 |
| 2005 | 297 | 231 | 8 |
| 2010 | 285 | 255 | 9 |
| 2014 | 287 | 302 | 9 |
| 2015 | 289 | 305 | 9 |
| 2016 | 282 | 315 | 9 |
| 2017 | 278 | 321 | 9 |
| 2018 | 277 | 331 | 9 |
| 2019 | 271 | 341 | 9 |
| 2020 | 268 | 356 | 10 |
| 2021 | 261 | 371 | 10 |
| 2022 | 256 | 371 | 10 |
| 2023 | 247 | 389 | 10 |

Бытовые сточные воды от одного или нескольких домашних хозяйств или общественных сооружений так же могут очищаться на локальных системах септической очистки, обычно состоящих из анаэробных подземных резервуаров и дренажной области для сточных вод из них. Очищенные стоки могут быть переданы для вторичного использования или поступают в водные объекты, как поверхностные, так и подземные, а также фильтруются в почву.

Для очистки сточных вод применяют 3 основных метода обработки: механический, биологический (основан на способности биологических организмов разлагать загрязняющие вещества) и химический (с применением реагентов), а также их комбинации (Минрегион России, 2012b; Минстрой России, 2018).

На всех этапах очистки стоков возможно образования отстоя (осадка и ила) сточных вод. Его обычно подвергают дальнейшей обработке перед утилизацией или удалением, в том числе стабилизации для снижения количества разложимых органических веществ (Росстандарт, 2021). ОСВ, содержащий большое количество биологически разложимых веществ (образованный при вторичной и третичной обработке) могут подвергать анаэробному сбраживанию в метантенках либо аэробному в реакторах перед его утилизацией.

В процессе анаэробного сбраживания ОСВ в метантенках образуется значительное количество CH_4 . На некоторых крупных централизованных станциях очистки стоков используются метантенки, оснащенные системами отведения, сбора и утилизации биогаза путем его сжигания в котельных установках. В метантенках более старой конструкции утилизация биогаза не предусмотрена, и они работают со сбросом биогаза в атмосферу (Гюнтер, Гольдфарб, 1991). При обработке ОСВ в метантенках, оборудованных системами сжигания биогаза, выделяющееся тепло утилизируется (используется для обогрева метантенков с целью поддержания оптимальной для работы метантенков температуры). В соответствии с требованиями МГЭИК (МГЭИК, 2006), выбросы N_2O и CH_4 , образующиеся в процессе сжигания биогаза в таких метантенках, учтены в секторе «Энергетика», в том числе CO_2 в качестве дополнительной информации как выбросы от сжигания биотоплива. Соответственно, в таблицах ОТО сжигаемый биогаз и выбросы от него включены вместе с другими видами такого топлива в раздел Энергетика, категория 1.А.5а Стационарное сжигание/биомасса (или 1.А(b). CO_2 от сжигания топлива/Газ из биомассы).

ОСВ, образованный в очистных сооружениях КБС, может удаляться путем захоронения (данные о компостировании отсутствуют), в том числе за пределами этих сооружений. Выбросы парниковых газов от этих технологий описаны в разделе 7.2.

Сжигание ОСВ в качестве способа его утилизации применяется с 1998 года в г. Санкт-Петербурге. Так как получаемое тепло используется для выработки электроэнергии, все выбросы парниковых газов от этого источника в соответствии с требованиями МГЭИК (МГЭИК, 2006) учтены в секторе «Энергетика» (описание приведено в разделе 7.4).

Таким образом, в качестве источников выбросов парниковых газов при обращении с ОСВ в этом разделе рассматриваются только метантенки.

7.5.2 Методика оценки выбросов

7.5.2.1 Методика оценки выбросов метана

Оценка выбросов CH_4 , происходящих в результате очистки и сброса коммунально-бытовых стоков, проводилась по уровню 2 методики МГЭИК (IPCC, 2019), уравнение 6.1) с использованием национальных коэффициентов и параметров. Для системы обращения с ОСВ (метантенков) был использован уровень 2 методики МГЭИК (МГЭИК, 2016), уравнение 4.1) с использованием национальных коэффициентов и параметров.

В России в широких масштабах применяются только аэробные методы централизованной очистки коммунально-бытовых стоков. По ряду причин, в том числе из-за более суровых, чем в большинстве стран мира, климатических условий, анаэробные пруды и подобные им емкостные сооружения с глубиной более 1,5-2 метров, где теоретически возможно значительное образование метана, почти не применяются (Бюро НДТ, 2015b; Минрегион, 2012a).

В системах централизованной очистки КБС объектами, от которых возможна эмиссия метана, являются отдельные анаэробные этапы технологий очистки стоков, а также ассоциированные с ними сооружения по обработке ОСВ (в т.ч. метантенки) (Гюнтер, Гольдфарб, 1996; Госстрой СССР, 1986; Минрегион, 2012b, Минстрой России, 2018). Для локальных систем очистки источниками метана являются наиболее распространенные очистные сооружения – септики (Госстрой России, 2004). При отсутствии очистных сооружений такими источниками являются выгребные ямы (латрины), в отдельных случаях сброс загрязненных стоков производится непосредственно в водные объекты или на почву.

В связи с этим, выброс CH_4 , связанный с обращением с КБС, определялся как сумма выбросов от:

- централизованных систем с аэробной биологической очисткой стоков (ЦСОС, системы 1 типа);
- систем (септиков) с обработкой стоков на месте (системы 2 типа);
- локальных сооружений (латрин) сбора стоков без их обработки (системы 3 типа);
- сброса стоков без очистки в поверхностные водные объекты (системы типа 4).

Отдельно был проведен расчет для выбросов CH_4 от систем обработки ОСВ - метантенков, относящихся к ЦСОС (система обработки ОСВ).

Результаты расчета выбросов от отдельных источников их динамика по годам показаны на рисунке 7.3. и таблице 7.11.

Численность жителей по группам урбанизации

Основной косвенной характеристикой, отражающей пути очистки сточных вод в России, является обеспечение жилого фонда канализацией (водоотведением). Для расчетов выбросов метана была оценена численность жителей по группам урбанизации (U), как значение численности сельских и городских жителей региона, использующих различные системы очистки/сброса бытовых сточных вод.

Для оценки степени применения систем типа 1 было использовано значение доли площади жилого фонда (отдельно в общей площади городского и сельского фонда), оборудованного централизованной канализацией. Для этого численность городского населения РФ умножалась на долю городского жилищного фонда, оборудованного централизованной канализацией, доля сельского населения – на долю сельского жилищного фонда, оборудованного централизованной канализацией (таблица 7.12). Полученные результаты суммировались.

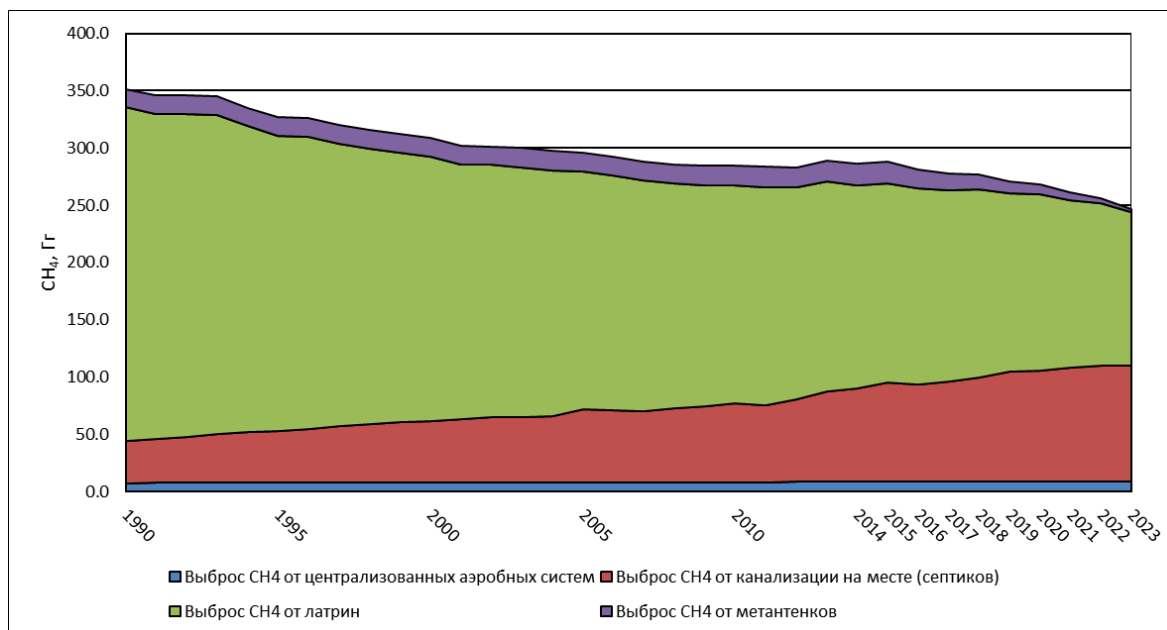


Рисунок 7.3 – Выбросы CH_4 от отдельных систем очистки бытовых сточных вод, Гг (Выбросы от сброса стоков без очистки в поверхностные водные объекты не показаны ввиду их незначительности)

Таблица 7.11
Выброс парниковых газов от различных систем обращения с КБС и их ОСВ, Гг

| Год | Выброс CH_4 от централизованных аэробных систем | Выброс CH_4 от канализации на месте (септиков) | Выброс CH_4 от латрин | Выброс CH_4 при отсутствии очистки стоков | Выброс CH_4 от метантенков |
|------|--|---|--------------------------------|--|-------------------------------------|
| 1990 | 7,4 | 36,7 | 291,2 | 1,7 | 16,2 |
| 1995 | 7,9 | 45,3 | 257,5 | 1,5 | 16,2 |
| 2000 | 8,1 | 53,5 | 231,0 | 1,2 | 15,7 |
| 2005 | 8,1 | 63,5 | 207,5 | 1,0 | 16,5 |
| 2010 | 8,3 | 69,0 | 189,7 | 0,8 | 17,4 |
| 2014 | 8,4 | 81,4 | 177,4 | 0,7 | 18,6 |
| 2015 | 8,6 | 86,6 | 174,2 | 0,6 | 18,9 |
| 2016 | 8,7 | 85,1 | 170,6 | 0,6 | 16,9 |
| 2017 | 8,8 | 87,1 | 166,9 | 0,5 | 14,9 |
| 2018 | 8,8 | 90,3 | 164,9 | 0,5 | 12,9 |
| 2019 | 8,9 | 95,5 | 155,7 | 0,5 | 10,7 |
| 2020 | 8,9 | 96,2 | 154,1 | 0,4 | 8,6 |
| 2021 | 9,0 | 98,8 | 146,7 | 0,4 | 6,5 |
| 2022 | 9,0 | 101,2 | 141,4 | 0,3 | 4,3 |
| 2023 | 9,1 | 100,8 | 134,3 | 0,3 | 2,2 |

Жители, использующие местные системы очистки стока, считались охваченным системами 2 типа (таблица 7.12). Для расчета численности людей, использующих септические системы, были использованы данные о доле площади жилого фонда, оборудованного системами нецентрализованной канализации, аналогично расчету для систем типа 1.

Население страны, не пользующееся канализацией с системами очистки стока, но при этом имеющие туалеты (выгребные ямы), считалось охваченным системами типа 3. При этом согласно имеющимся данным (Росстат, 2010b; Росстат 2020) прочие сточные воды при этом

чаще всего поступают в выгребные ямы, в том числе через систему труб. Для оценки численности населения, использующего эту систему, из общей численности населения вычиталась численность населения, использующего систем 1, 2 и 4.

Данные о числе жителей, не имеющих туалетов и канализации (система типа 4) в 2010 и 2020 годах были получены из итогов Всероссийской переписи населения 2010 и 2020 года (Росстат, 2010b; Росстат 2020). Данные для промежуточных лет между известными значениями были получены путем линейной интерполяции на основе этих значений, данные за периоды 1990-2009 и 2021-2022 гг. путем экстраполяции. В этом случае для расчетов выбросов парниковых газов было принято, что все бытовые стоки при этом поступают в поверхностные водные объекты без очистки.

Данные о численности городского и сельского населения (табл. 7.12) получены из публикаций Росстата (Госкомстат, 1999; Росстат, 2004а; Росстат, 2007) и единой базы федеральных статистических данных (ЕМИСС, 2024). Данные об обеспеченности городского (за 1990-2004 гг.) и сельского жилого фонда (за 1994-2004 гг.) канализацией (табл. 7.12) были получены из сборников «Социальное положение и уровень жизни населения России» (Госкомстат России, 1998; Росстат, 2004b; Росстат, 2010с), единой базы федеральных статистических данных (ЕМИСС, 2024) или предоставлены Росстатом по запросам. Отсутствующие данные об обеспеченности сельского жилого фонда канализацией за 1990-1993 год (наблюдения не велись) получены экстраполяцией. Данные об оборудованности городского и сельского жилого фонда централизованной канализацией с 2005 года предоставлены Росстатом по запросам, с 2021 года - взяты из базы статистических данных Росстата (Росстат, 2025), отсутствующие данные восстановлены экстраполяцией с использованием существующих данных об оборудованности помещений канализацией.

В связи с постоянным увеличением степени урбанизации населения страны и ростом уровня использования систем очистки стоков вместо отхожих мест (из-за роста благосостояния и изменения стандартов гигиены) численность людей, использующих системы 1 и 2 типа, устойчиво растет с 1990 г.

Максимальная способность образования метана W_0

Для расчетов было принято значение W_0 по умолчанию, равное 0,6 кг CH_4 /кг БПК (МГЭИК, 2006).

Поправочный коэффициент для метана (MCF)

В расчетах использованы значения MCF для разных систем очистки сточных вод (приведены в таблице 7.14), основанные на данных МГЭИК по умолчанию (табл. 6.3 (Updated) IPCC, 2019).

Таблица 7.14

Значения MCF для разных систем очистки бытовых сточных вод и обработки ОСВ

| Технология | Примечания | Тип системы | MCF |
|---|--|-------------|------|
| Централизованные аэробные водоочистные сооружения | Некоторое количество CH_4 образуется в анаэробных зонах и отстойниках | Система 1 | 0,03 |
| Обработка стоков на месте | Септические системы | Система 2 | 0,5 |
| Обработка стоков на месте | Выгребные ямы (латрины) | Система 3 | 0,4 |
| Сброс неочищенных стоков | Сброс в поверхностные водные объекты | Система 4 | 0,11 |

Таблица 7.12

Оценка численности населения России, использующего различные системы сбора и очистки КБС

| Год | Численность населения на начало года, тыс. чел. ¹ | | Удельный вес площади жилого фонда, оборудованной канализацией, % | | в том числе централизованной канализацией, % | | Численность населения, охваченного системами разного типа, тыс. чел. | | | |
|-------------|--|-----------|--|----------------------|--|----------------------|--|--------|--------|--------|
| | городского | сельского | в городской местности | в сельской местности | в городской местности | в сельской местности | 1 типа | 2 типа | 3 типа | 4 типа |
| 1990 | 108 736 | 38 929 | 78,0 | 16,2 | 72,7 | 9,6 | 82 778 | 8 342 | 55 395 | 1 149 |
| 1995 | 108 322 | 40 138 | 82,0 | 24,0 | 76,3 | 13,8 | 88 167 | 10 290 | 48 997 | 1 006 |
| 2000 | 107 419 | 39 471 | 84,0 | 30,0 | 77,8 | 16,2 | 89 920 | 12 154 | 43 954 | 862 |
| 2005 | 105 182 | 38 619 | 86,1 | 33,9 | 78,9 | 15,9 | 89 182 | 14 418 | 39 483 | 719 |
| 2010 | 105 061 | 37 772 | 87,3 | 38,5 | 80,0 | 17,0 | 90 485 | 15 681 | 36 092 | 575 |
| 2014 | 106 950 | 37 075 | 87,7* | 43,1 | 79,7* | 16,4 | 91 306 | 18 503 | 33 756 | 460 |
| 2015 | 108 821 | 37 923 | 88,5 | 45,4 | 80,1 | 16,8 | 93 503 | 19 669 | 33 140 | 432 |
| 2016 | 109 315 | 37 867 | 88,5 | 46,5 | 80,9 | 17,2 | 94 982 | 19 340 | 32 457 | 403 |
| 2017 | 109 776 | 37 804 | 88,8 | 47,6 | 81,1 | 17,6 | 95 665 | 19 782 | 31 758 | 374 |
| 2018 | 110 096 | 37 701 | 88,8 | 49,5 | 80,8 | 17,6 | 95 571 | 20 508 | 31 373 | 346 |
| 2019 | 110 295 | 37 545 | 89,3 | 51,7 | 81,0 | 18,3 | 96 210 | 21 695 | 29 619 | 317 |
| 2020 | 110 542 | 37 417 | 89,4 | 52,3 | 81,3 | 17,7 | 96 499 | 21 861 | 29 311 | 288 |
| 2021 | 110 221 | 37 235 | 90,0 | 54,0 | 81,7 | 18,3 | 96 841 | 22 437 | 27 917 | 260 |
| 2022 | 109 982 | 36 998 | 90,3 | 55,5 | 81,7 | 18,9 | 96 848 | 23 000 | 26 901 | 231 |
| 2023 | 109 655 | 36 792 | 90,8 | 57,4 | 82,3 | 20,5 | 97 789 | 22 897 | 25 560 | 202 |

¹⁾ Данные пересчитаны с учетом итогов Всероссийских переписей населения 2002, 2010 и 2020 гг.; с 2015 г. – с учетом Республики Крым и г. Севастополя

* - экспертное значение, т.к. существующие значения выбываются из ряда

Таблица 7.13

Оборудование ЦСОС различными сооружениями для сбраживания ОСВ в зависимости от численности жителей населенных пунктов

| Оборудование ЦСОС | Города с численностью жителей: | | | | |
|---------------------------|---|---|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| | от 50 до 99,9 тыс. человек ¹ | от 100 до 499,9 тыс. человек ¹ | от 500 - 999,9 тыс. чел. ¹ | от 1 млн. и более чел. ^{1*} | г.Москва ² |
| метантенками (до 2015 г.) | 8 | 8 | 13 | 27,8 | 100 |
| метантенками (2023 г.) | 0,9 | 0,9 | 1,4 | 3,1 | 100 |
| аэробным сбраживанием ОСВ | 24 | 24 | 16 | 22,2 | 0 |
| Год | Численность их жителей: | | | | |
| | тыс.чел | тыс.чел | тыс.чел | тыс.чел | тыс.чел |
| 1990 | 9 932 | 25 604 | 12 132 | 16 500 | 8 880 |
| 1995 | 9 857 | 26 051 | 12 265 | 16 270 | 9 086 |
| 2000 | 9 792 | 25 593 | 13 173 | 15 166 | 9 933 |
| 2005 | 10 831 | 28 027 | 14 968 | 14 855 | 10 726 |
| 2010 | 10 854 | 26 251 | 15 755 | 16 840 | 11 382 |
| 2014 | 10 703 | 27 345 | 12 755 | 20 356 | 11 609 |
| 2015 | 10 861 | 28 530 | 12 853 | 20 539 | 11 673 |
| 2016 | 10 810 | 28 852 | 12 931 | 20 667 | 11 779 |
| 2017 | 10 710 | 28 635 | 13 516 | 20 807 | 11 802 |
| 2018 | 10 594 | 28 831 | 13 576 | 20 928 | 11 904 |
| 2019 | 10 517 | 28 906 | 13 622 | 20 987 | 11 982 |
| 2020 | 10 323 | 28 682 | 14 156 | 21 018 | 12 023 |
| 2021 | 10 436 | 28 053 | 14 614 | 20 934 | 11 999 |
| 2022 | 10 635 | 28 112 | 14 113 | 20 893 | 11 939 |
| 2023 | 10 220 | 28 883 | 12 176 | 22 477 | 12 121 |

*- данные не включают численность жителей г. Москвы

¹⁾ Для 1990, 1995 и 2000 гг. данные пересчитаны с учетом итогов Всероссийской переписи населения 2002 г.; 2015-2016 гг. – с учетом Республики Крым и г.Севастополя

²⁾ Данные по г. Москве приведены без учета Зеленоградского округа, а с 01.01.2013 г. без учета ТиНАО.

Общая масса органических веществ в сточных водах (TOW)

Органическое загрязнение сточных вод. Образование органических загрязнений сточных вод в расчете на одного человека в день принято 60 г БПК₅/чел·сутки по национальным данным (Госстрой СССР, 1986; Минрегион, 2012b; Минстрой России, 2018).

Поступление органических веществ в систему типа 1 рассчитывалось с учетом слива в нее жидких бытовых отходов (ЖБО), образуемых и собираемых в септических системах очистки бытовых стоков (система типа 2). Оценка количества дополнительно поступающего БПК изложена ниже в подразделе «Количество органического компонента, извлеченного в качестве ОСВ (S)».

Коэффициент для дополнительных сбросов БПК (I). Для расчетов были использованы национальные и рекомендуемые МГЭИК значения I: для централизованно собранных сточных вод – 1,1, а для очищаемых локально – 1,0 (Минрегион, 2012b; Минстрой России, 2018; МГЭИК, 2006).

Количество органического компонента, извлеченного в качестве ОСВ (S)

Для оценки количества БПК, удаляемого с ОСВ из систем типа 1 было использовано экспертное значение образования количества сухого вещества ОСВ на 1 человека в сутки, равное 60 г (Воронов, 2006; Бюро НДТ, 2019). Численность жителей, использующих централизованные аэробные системы очистки КБС (системы типа 1) при этом была пересчитана в эквивалентную с учетом поступления в систему дополнительного БПК от ЖБО, образуемых в септиках (система типа 2) и дополнительного поступления промышленного БПК. Для оценки количества БПК, удаляемого с этим ОСВ, был использован коэффициент по умолчанию МГЭИК (IPCC, 2019), равный 0,8 кг БПК/кг сухого в-ва ОСВ.

Для системы типа 2 (септики) часть образуемого ОСВ считалось вывезенным в централизованные системы очистки стоков (Роспотребнадзор, 2021). Ввиду отсутствия данных о количестве реально вывезенного ОСВ при оценке количества БПК вывезенного с ОСВ были использованы национальные данные о доле поступления дополнительного БПК из неканализованных районов в системы централизованной канализации, равной 0,33. Это значение учитывает вывоз ЖБО от нецентрализованной канализации (септических систем) домохозяйств и коммунальной инфраструктуры (Минрегион, 2012b; Минстрой России, 2018). При этом вывоз ЖБО из выгребных ям (латрин, системы типа 3) не учитывался, так как точных данных о организации и режиме его вывоза из таких объектов не имеется. Согласно экспертной оценке, вывоз ЖБО из выгребных ям (латрин) производится значительно реже, чем из септических систем, кроме того, часть таких ЖБО вывозится незаконно и сливается на СТО, водные объекты или почву (Алексеев Д., 2024).

Все выбросы метана, выделяющиеся от разложения органических веществ в системе типа 4, считались происходящими от сточных вод и удаление ила считалось равным 0.

Количество ОСВ, обрабатываемого в метантенках и размещаемого на СТО

При определении количества ОСВ, удаляемого из систем типа 1 и поступающих в их метантенки, была использована оценка численности жителей, использующих такие системы. Для этого были использованы данные об оборудовании водоочистных станций различной производительности сооружениями для анаэробного сбраживания, а также о расходе сточных вод в зависимости от численности жителей населенного пункта (Бюро НДТ, 2015b; ФГБУ ИГКЭ, 2024). На основе этой информации было проведено сопоставление данных об оборудовании метантенками водоочистных сооружений населенных пунктов разного размера. Данные о распределении населения по городам и другим населенным пунктам с разным числом жителей получены из статистических сборников Росстата (Росстат, 2004а, 2010а, 2013, 2015, 2017b, 2019, 2023, 2024), данные об оборудовании очистных сооружений метантенками для периода 1990–2015 гг. приняты без изменений по годам и скорректированы на численность жителей г.Москвы (АО «Мосводоканал», 2018; Мосводоканал, 2024; ЕМИСС, 2024), все основные канализационные очистные сооружения которой (в количестве 2-х отдельных систем) оборудованы метантенками, а численность жителей является аномальной (значительно превышает этот показатель для других городов). Данные для остальных лет рассчитаны интерполяцией с использованием данных, полученных в 2024 году в результате выполнения ВИП ГЗ (Данилович, Ванюшина, 2013; ФГБУ ИГКЭ, 2024). Исходные данные и результаты расчета приведены в таблицах 7.13 и 7.15. Полученные данные были использованы для оценки поступления ОСВ в систему обращения с осадком в расчетах выбросов CH₄ от метантенков, а также для оценки

количества ОСВ, разлагаемого на СТО (см. раздел 7.2). При этом было использовано экспертное значение образования количества сухого вещества ОСВ на 1 человека в сутки, равное 60 г (Воронов, 2006; Бюро НДТ, 2019) с учетом дополнительного поступления в систему промышленного БПК.

Дополнительно для оценки количества ОСВ, разлагаемого на СТО, было оценено количество ОСВ, подвергаемого аэробной стабилизации. Подход к расчету количества ОСВ был аналогичен применяемому для оценки количества ОСВ, поступающего в метантенки. В расчете были использованы данные об оборудовании водоочистных станций различной производительности сооружениями для аэробного сбраживания, а также о расходе сточных вод в зависимости от численности жителей населенного пункта (Бюро НДТ, 2015b). Данные об оборудовании централизованных очистных сооружений сооружениями для аэробной стабилизации ОСВ были приняты без изменений по годам и скорректированы на численность жителей г.Москвы. Использованные исходные данные и полученные результаты приведены в таблицах 7.13 и 7.15.

Ввиду отсутствия точных данных или информации о широком применении технологии компостирования для утилизации ОСВ или его использования в качестве почвогрунта, весь остальной образующийся отстой, за исключением сожженного на специализированных заводах в г. Санкт-Петербург, считался размещенным на СТО. Исходные данные о массе сжигаемого ОСВ в г. Санкт-Петербурге получены по запросу от ГУП «Водоканал Санкт-Петербург» и приведены в таблице 7.15. Итоговые расчетные данные о количестве ОСВ, стабилизируемого и удаляемого с помощью различных технологий, в том числе разложимого ОСВ, размещаемого на СТО, приведены в таблице 7.15 (Росстандарт, 2021).

Таблица 7.15

Количество ОСВ от КБС (по сухому в-ву) образованного и обрабатываемого различными способами, тыс. т

| Год | Образование ОСВ | Сбраживание ОСВ в метан- тенках | Аэробная ста- билизация ОСВ | Сжигание ОСВ | Депонирова- ние разложи- мого ОСВ |
|-------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---|
| 1990 | 2 054 | 392 | 310 | 0 | 1 352 |
| 1995 | 2 198 | 397 | 311 | 0 | 1 491 |
| 2000 | 2 254 | 410 | 306 | 45 | 1 493 |
| 2005 | 2 253 | 437 | 329 | 51 | 1 436 |
| 2010 | 2 293 | 462 | 332 | 99 | 1 400 |
| 2014 | 2 333 | 482 | 344 | 99 | 1 408 |
| 2015 | 2 395 | 487 | 352 | 85 | 1 471 |
| 2016 | 2 428 | 465 | 354 | 87 | 1 521 |
| 2017 | 2 448 | 441 | 355 | 88 | 1 562 |
| 2018 | 2 451 | 418 | 357 | 81 | 1 595 |
| 2019 | 2 474 | 394 | 357 | 94 | 1 629 |
| 2020 | 2 483 | 369 | 357 | 86 | 1 671 |
| 2021 | 2 495 | 342 | 355 | 69 | 1 729 |
| 2022 | 2 499 | 314 | 355 | 68 | 1 763 |
| 2023 | 2 521 | 292 | 358 | 55 | 1 817 |

Коэффициент выбросов метана от метантенков (EF)

При оценке выбросов метана от анаэробного сбраживания ОСВ в метантенках было использовано национальное экспертное значение EF, основанное на том, что распад органического вещества ОСВ при их работе составляет около 45-48%, а выход биогаза при этом оценивается как 900 м³ на тонну распавшегося беззольного органического вещества (Минстрой России, 2018). Зольность смеси осадка первичных отстойников и активного ила

(уплотненного) принималась в 25% (Воронов, 2006). Полученные данные были пересчитаны в количество CH_4 с учетом его содержания по объему 65% (Бюро НДТ, 2019).

Количество рекуперированного метана (R)

При оценке количества R для метантенков были использованы данные об их оборудовании системами сжигания и режимах их работы.

Для всех метантенков, кроме расположенных в г. Москве, доля метантенков, оборудованных системами сжигания биогаза, в их общем количестве принималась равной 0,5. Выделение CH_4 от них возможно только из-за случайных утечек во время нарушения процесса или других непредвиденных ситуаций, его количество принято по умолчанию в 5% (МГЭИК 2006) от общего количества выделяемого газа без учета сжигания. Сжигание метана на факеле без утилизации электроэнергии и тепла при этом считалось отсутствующим.

Выброс CH_4 в атмосферу от метантенков, не оборудованных системами сжигания, определялся путем умножения доли метантенков данной конструкции в их общем количестве на общее количество образовавшегося CH_4 . Общий выброс CH_4 в атмосферу для систем анаэробного сбраживания ОСВ с учетом улавливания и утилизации определялся суммированием выбросов от метантенков обеих конструкций.

Для метантенков, расположенных в г. Москве принято, что все они оборудованы системами сжигания биогаза, при этом 100% этого газа поступает на сжигание (ФГБУ ИГКЭ, 2024).

Выбросы CO_2 , CH_4 и N_2O , учитываемые в секторе «Энергетика»

При сжигании биогаза, образуемого в метантенках, выделяются выбросы ПГ – CO_2 , CH_4 , и N_2O , учитываемые в секторе «Энергетика», в том числе CO_2 в качестве дополнительной информации как выбросы от сжигания биотоплива. Соответственно, в таблицах ОТО сжигаемый биогаз и выбросы от него включены вместе с другими видами такого топлива в раздел Энергетика, категория 1.А.5а Стационарное сжигание/биомасса (или 1.А(б). CO_2 от сжигания топлива/Газ из биомассы).

При оценке выбросов ПГ использованы коэффициенты по умолчанию МГЭИК из раздела «Энергетика» для сжигания биогаза из систем очистки сточных вод (МГЭИК, 2006). В результате выбросы CO_2 в течении рассматриваемого периода составили до 153,5 Гт/год (в 2015 году), а выбросы CH_4 и N_2O были не более 0,5 Гт/год $\text{CO}_2\text{-экв.}$ суммарно.

Также в секторе «Энергетика» учитывались выбросы, происходящие при сжигании ОСВ на специальных заводах в Санкт-Петербурге (работающих с утилизацией получаемого в процессе сжигания тепла). Данные рассмотрены в разделе 7.4 «Сжигание отходов».

7.5.2.2 Методика оценки выбросов закиси азота

Методика оценки выбросов и используемые коэффициенты соответствует методике МГЭИК ((МГЭИК, 2006), уравнения 6.7 и 6.8). Выбросы от водоочистных сооружений рассматриваются в методических рекомендациях как незначительный источник и их оценка не производится.

Данная методология не учитывает выбросы N_2O из промышленных источников, за исключением их стоков, сбрасываемых в канализационную систему совместно с бытовыми сточными водами.

Рассчитанные величины выбросов N_2O приведены в таблице 7.10.

Масса удельного потребления протеина в пище на одного жителя

Данные о потреблении протеина на душу населения в России (табл. 7.16) получены расчетным путем на основе информации о численности населения и потреблении протеина из базы данных ФАО (ФАО, 2024). Для тех лет, когда информация отсутствовала, ряд данных ФАО по потреблению протеина был продолжен на основе оценок, выполненных с использованием данных Росстата по среднедушевому потреблению белков в домашних хозяйствах России и численности населения.

Численность населения (P)

Исходные данные по общей численности населения России (табл. 7.16) получены из данных Росстата (ЕМИСС, 2024).

Таблица 7.16

Исходные данные по потреблению белков в Российской Федерации

| Год | Население (данные ФАО) | Потребление бел- ков населением (данные ФАО) | Население (данные Рос- стата) ¹⁾ | Потребление бел- ков в дом. хозяй- ствах (данные Росстата) | Потребление белков в пище на одного жи- теля ²⁾ |
|------|------------------------------|--|---|---|---|
| | тыс. чел. | г/чел*сут | тыс. чел. | г/чел*сут | кг/чел*год |
| 1990 | Н.д. | Н.д. | 147 665 | 74,0 | 38,6 |
| 1995 | 148 602 | 94,0 | 148 460 | 61,0 | 34,4 |
| 2000 | 146 763 | 90,0 | 146 890 | 61,8 | 32,8 |
| 2005 | 143 933 | 99,1 | 143 801 | 71,2 | 36,2 |
| 2010 | 143 243 | 106,7 | 142 833 | 76,6 | 39,1 |
| 2014 | 144 285 | 109,2 | 144 025 | 77,7 | 39,9 |
| 2015 | 144 668 | 108,8 | 146 744 | 77,4 | 39,2 |
| 2016 | 145 109 | 107,9 | 147 182 | 80,0 | 38,8 |
| 2017 | 145 453 | 109,6 | 147 580 | 79,6 | 39,4 |
| 2018 | 145 652 | 110,6 | 147 797 | 79,7 | 39,8 |
| 2019 | 145 742 | 111,7 | 147 840 | 80,5 | 40,2 |
| 2020 | 145 617 | 113,6 | 147 959 | 81,4 | 40,8 |
| 2021 | 145 103 | 114,4 | 147 456 | 80,1 | 41,1 |
| 2022 | Н.д. | Н.д. | 146 980 | 80,9 | 41,5 |
| 2023 | Н.д. | Н.д. | 146 447 | 81,4 | 41,7 |

¹⁾ данные с 2015 г. приведены с учетом Республики Крым и г. Севастополя;

²⁾ для 1990 и 2022-23 гг. – расчетные оценки с использованием данных Росстата о потреблении белка в домохозяйствах России.

Доля азота в протеине (F_{NPR}), коэффициент для дополнительного протеина ($F_{IND-COM}$), коэффициент выбросов N_2O , коэффициент для непотребленного протеина ($F_{NON-COM}$)

Использованные в расчете значения по умолчанию МГЭИК для F_{NPR} , $F_{NON-COM}$, $EF_{СТОК}$ и $F_{IND-COM}$ (МГЭИК, 2006) приведены в таблице 7.15.

Отстой (N_{sludge})

При оценке выбросов N_2O от КБС учитывалось удаление азота с отстоем. При оценке массы извлеченного ОСВ были использованы данные о его образовании в централизованных аэробных сооружениях очистки КБС, приведенные в таблице 7.15. Содержание азота в нем взято по умолчанию (IPCC, 2019) и приведено в таблице 7.17.

Таблица 7.17

Использованные параметры и коэффициенты для оценки выбросов N_2O

| Показатель | Значение | Размерность |
|--|----------|-------------------|
| F_{NPR} | 0,16 | кг N/кг протеина |
| $F_{NON-COM}$ | 1,1 | Коэффициент |
| $F_{IND-COM}$ | 1,25 | Коэффициент |
| $EF_{СТОК}$ | 0,005 | кг N_2O -N/кг N |
| Содержание N в иле (по массе в сухом веществе) | 4,2 | % |

7.5.3 Оценка неопределенностей

Оценка неопределенностей выбросов CH_4 и N_2O от бытовых сточных вод проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (МГЭИК, 2000, 2006). Использовались формулы расчета неопределенностей от суммы и произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; МГЭИК, 2006).

Выбросы CH_4 от систем очистки сточных вод. Неопределенность исходных данных Росстата о численности населения составляет 5%, данных об оборудовании квартир - 15%, национальных данных об образовании БПК на человека – 30%. Принятая для разных систем очистки стоков неопределенность MCF составляет: для системы типа 1 – 10%, для системы 2 – 30%, для систем типа 3 и 4 – 50%. Неопределенность данных о работе систем сжигания биогаза метантенков оценивается в 71%. Неопределенность данных для V_0 и I взята по умолчанию (МГЭИК, 2006). Полученная в результате расчетов неопределенность данных при оценке выбросов метана от КБС составляет 23%, а коэффициентов выбросов - 36%. Общая неопределенность оценки выбросов метана от очистки бытовых стоков составила 43%.

Выбросы N_2O от фекальных сточных вод. Неопределенность исходных статистических данных Росстата о численности населения и потреблении протеина принята в 10%. Неопределенность для доли азота в протеине, коэффициентов для дополнительного протеина и непотребленного протеина, а также коэффициента выбросов N_2O взята по умолчанию (МГЭИК, 2006). Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов составила 2496% из-за значительной неопределенности коэффициента выбросов N_2O , основанного на ограниченных данных и предположениях.

7.5.4 Оценка и контроль качества

В процессе подготовки национального кадастра была предпринята пошаговая перепроверка данных о деятельности и параметров, использованных в расчете выбросов ПГ от данной категории источников. Также выполнено сравнение значений оценок выбросов за разные годы. Указанные мероприятия выполнялись разработчиками кадастра, ответственными за расчет выбросов по данной категории источников сектора «Отходы», и соответствуют процедурам контроля качества, выполнение которых предписано регламентом уровня 2 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006).

В целях обеспечения качества расчетов выбросов ПГ, экспертами ФГБУ ИГКЭ, не участвующими напрямую в расчетах выбросов от сточных вод, был произведен выборочный контроль корректности расчетов (от основных категорий источников) и проверена правильность заполнения таблиц ОТО. Кроме того, в рамках обеспечения качества ежегодно проводится независимая проверка данных о деятельности, использованных в расчетах выбросов, ответственными специалистами Росстата и Росприроднадзора на этапе согласования национального кадастра до представления кадастра в Секретариат РКИК ООН. Поступающие от министерств и ведомств замечания и исправления в обязательном порядке вносятся в текст доклада и таблицы ОТО. При необходимости, выполняется пересчет величин выброса ПГ от сточных вод. Все выполненные пересчеты и исправления вновь согласуются с заинтересованными министерствами и ведомствами. Ежегодные мероприятия по обеспечению качества соответствуют уровню 2 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006).

После представления кадастра в Секретариат РКИК ООН его электронная версия находится в свободном доступе на сайтах Росгидромета и ИГКЭ. Таким образом, она открыта для комментариев и предложений широкого круга специалистов. Поступающие от них предложения учитываются при подготовке кадастра по этой категории источников в следующем году.

7.5.5 Перерасчеты

В текущем Кадастре был произведен пересчет выбросов ПГ от КБС из-за:

- корректировки Росстатом численности городского и сельского населения страны за отдельные годы;
- уточнения методологии для оценки образования и удаления ОСВ из сооружений очистки стоков;
- уточнения значения коэффициента оборудования очистных сооружений метантенками для периода после 2015 года;
- корректировки методологии для оценки количества образования метана от сооружений анаэробного сбраживания ОСВ (метантенков);
- корректировки подхода к оценке количества аэробно сброженного ОСВ;

- изменения данных о численности населения г. Москвы, использующего системы типа 1;
- незначительной корректировки Росстатом значения количества о потреблении протеина на душу населения за отдельные годы;
- использования нового значения для содержания азота в ОСВ.

В результате был произведен перерасчет выбросов парниковых газов для всего временного ряда.

7.5.6 Планируемые усовершенствования

Будет продолжен сбор данных для уточнения характеристик систем очистки сточных вод в России, уточнения количества удаляемого ОСВ, а также определения различных режимов работы метантенков, интенсивности выделения биогаза из них и его сжигания, в том числе с целью использования.

7.6 Очистка промышленных сточных вод (5.D.2)

7.6.1 Описание источников выбросов парниковых газов

Оценка выбросов парниковых газов от очистки промышленных стоков включает выбросы CH_4 от различных систем обработки сточных вод. Результаты оценки выбросов представлены в таблице 7.10. Результаты расчета выбросов от отдельных источников их динамика по годам показаны на рисунке 7.4 и таблице 7.18.

Под промышленными сточными водами в России понимаются воды, образующиеся в результате деятельности производств. Для снижения вредного воздействия стоков на окружающую среду и здоровье человека, сточные воды собирают и пропускают через специальные системы очистки. В отдельных случаях возможен сброс (в том числе несанкционированный) стоков в водные объекты без очистки.

Промышленные предприятия могут иметь свою систему очистки стоков или передавать стоки в коммунальную систему очистки (с использованием централизованных аэробных водоочистных сооружений). Системы сбора, очистки и сброса сточных вод могут отличаться на отдельных предприятиях в зависимости от доступного технического оснащения и необходимого уровня очистки стоков.

Для очистки высоко загрязненных промышленных стоков используют специализированные установки в зависимости от уровня и состава загрязнений. В систему очистки коммунальных стоков принимаются только стоки промышленных предприятий, отвечающие по их физико-химическим характеристикам правилам их приема в системы канализации соответствующих населенных пунктов.

Для очистки сточных вод применяют 3 основных метода обработки: механический, биологический (основан на способности биологических организмов разлагать загрязняющие вещества) и химический (с применением реагентов), а также их комбинации.

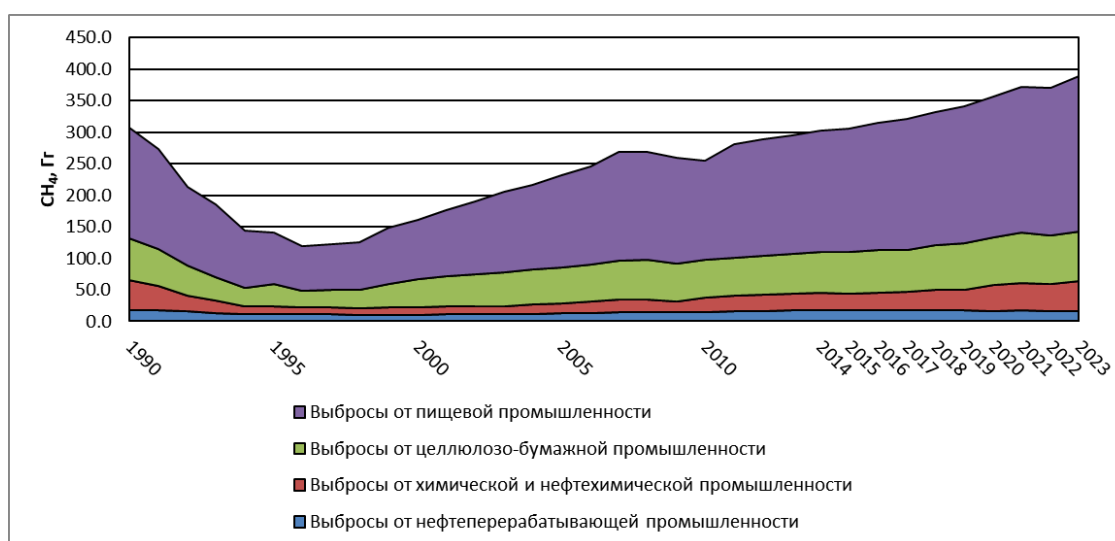
Сточные воды, не загрязненные в процессе производства, используются в системах производственного водоснабжения предприятия или передаются другому потребителю. Очищенные стоки могут быть переданы для вторичного использования или поступают в водные объекты, как поверхностные, так и подземные, а также фильтруются в почву. На всех этапах очистки сточных вод возможно образования отстоя сточных вод.

Утилизация CH_4 при очистке промышленных сточных вод в РФ не производится.

Таблица 7.18

Выбросы CH_4 от очистки сточных вод отдельных отраслей промышленности, Гг.

| Год | Выбросы от нефтеперерабатывающей промышленности | Выбросы от химической и нефтехимической промышленности | Выбросы от целлюлозно-бумажной промышленности | Выбросы от пищевой промышленности |
|------|---|--|---|-----------------------------------|
| 1990 | 17,9 | 47,9 | 65,3 | 176,3 |
| 1995 | 10,9 | 12,1 | 35,7 | 82,1 |
| 2000 | 10,4 | 12,2 | 44,6 | 93,0 |
| 2005 | 12,5 | 15,4 | 58,0 | 145,5 |
| 2010 | 15,0 | 23,1 | 59,0 | 157,9 |
| 2014 | 17,7 | 27,6 | 65,4 | 191,2 |
| 2015 | 17,2 | 26,4 | 65,6 | 195,8 |
| 2016 | 17,1 | 28,8 | 67,2 | 201,4 |
| 2017 | 17,1 | 30,4 | 65,3 | 208,3 |
| 2018 | 17,5 | 31,9 | 72,0 | 209,7 |
| 2019 | 17,4 | 33,2 | 73,1 | 217,5 |
| 2020 | 16,5 | 41,6 | 75,4 | 222,2 |
| 2021 | 17,1 | 43,4 | 80,4 | 230,3 |
| 2022 | 16,6 | 42,2 | 78,0 | 233,7 |
| 2023 | 16,6 | 46,9 | 79,0 | 246,6 |

Рисунок 7.4 – Выбросы CH_4 от отдельных систем очистки промышленных сточных вод, Гг

7.6.2 Методика оценки выбросов

Оценка эмиссии CH_4 при обработке промышленных сточных вод проводилась по методу уровня 1 МГЭИК с использованием отдельных национальных параметров (уравнение 6.4, МГЭИК, 2006). Выбросы CH_4 от сточных вод и их отстоя в системах всех типов оценивались совместно.

В соответствии с методикой МГЭИК, для расчета были выбраны отдельные виды промышленного производства с высоким потенциалом выброса метана от сточных вод (МГЭИК, 2000, 2006), наиболее характерные для развитых в РФ отраслей промышленности.

Рекуперация метана в расчете не учитывалась в виду отсутствия информации о проектах по сбору и утилизации метана на сооружениях по очистке промышленных стоков.

Максимальная способность образования CH_4 (B_0)

В расчетах использовано значение B_0 по умолчанию 0,25 г CH_4 / г ХПК (МГЭИК, 2006).

Поправочный коэффициент для метана (MCF)

Ввиду отсутствия данных о конкретных применяемых системах очистки сточных вод в расчетах (кроме целлюлозно-бумажной промышленности) используется экспертное значение MCF , основанное на данных по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006) равное 0,4. Для расчета выбросов от целлюлозно-бумажной промышленности используется экспертное значение MCF , равное 0,15, так как в отрасли преимущественно используются аэробные системы очистки (Бюро НДТ, 2015а; Бюро НДТ, 2022).

Удельное образование сточных вод (WW)

Объем промышленных сточных вод, проходящих биологическую очистку, оценивался исходя из значений по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006) для удельного образования сточных вод от различных секторов промышленного производства. Использованные значения WW для выбранных для расчета отраслей промышленности приведены в таблице 7.19.

Содержание разлагаемых органических веществ в промышленных сточных водах (COD)

Содержание органических загрязнений в промышленных стоках рассчитывалось по химической потребности в кислороде (ХПК) сточных вод. Использованные в расчетах значения COD в промышленных стоках основаны на средних значениях по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006) (за исключением национальных данных для целлюлозно-бумажной промышленности) и приведены в таблице 7.19.

Все выбросы метана, выделяющиеся от разложения органических веществ в системе очистки промышленных сточных вод, считались происходящими в процессе очистки сточных вод. В соответствии с рекомендациями МГЭИК, доля ХПК, удаляемая с илистыми осадками, принимается равной нулю.

Таблица 7.19

*Использованные параметры для расчета органического загрязнения
промышленных сточных вод*

| Тип производства | Образование сточных вод (m^3 /тонн) | ХПК ($кг/m^3$) | Тип производства | Образование сточных вод (m^3 /тонн) | ХПК ($кг/m^3$) |
|----------------------------------|--|------------------|----------------------------------|--|------------------|
| Перегонка спирта | 24 | 11 | Целлюлозно-бумажное производство | 162 | 1 ¹⁾ |
| Пиво и солодовые напитки | 6,3 | 2,9 | Мыло и моющие средства | 3 | 0,8 |
| Молочная продукция | 7 | 2,7 | Производство крамала | 9 | 10 |
| Рыбопереработка | 13 | 2,5 | Рафинирование сахара | 11 | 3,2 |
| Мясо и птица | 13 | 4,1 | Растительные масла | 3,1 | 0,8 |
| Органические химические вещества | 67 | 3 | Овощи, фрукты, соки | 20 | 5,0 |
| Нефтепереработка | 0,6 | 1,0 | Вино и уксус | 23 | 1,5 |
| Пластик и смола | 0,6 | 3,7 | | | |

¹ Национальные данные, большая часть органических загрязнений извлекается на предварительных этапах очистки (Минздрав СССР, 1978; ОАО «Архангельский ЦБК», 2013; Бюро НДТ, 2015а; Бюро НДТ, 2022)

Данные о деятельности производств

При проведении расчетов, были использованы данные об объемах промышленного производства отдельных товаров в РФ. При этом из всей учитываемой в России продукции были выбраны только соответствующие типам промышленного производства согласно методике (МГЭИК, 2006). Данные об объемах производства таких видов продукции получены из статистических публикаций (Госкомстат России, 1998; Росстат, 2004а; Росстат, 2013) и единой базы федеральных статистических данных (ЕМИСС, 2024), и представлены в таблице 7.20.

Количество рекуперированного метана (R)

Принимаемое значение R равно нулю.

Таблица 7.20

Объем выпуска отдельных видов промышленной продукции

| Продукция | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Производство крамала</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Крахмал сухой ¹⁾ , тыс. т | 179,0 | 34,2 | 44,7 | 97,6 | 147,0 | 199,5 | 213,5 | 228,6 | 242,8 | 280,9 | 294,7 | 324,9 | 354,0 | 377,8 | 395,5 |
| <i>Производство алкоголя</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Спирт этиловый из пищевого сырья ²⁾ тыс. дкл | 79688 | 74400 | 62420 | 71837 | 42420 | 40053 | 42378 | 46485 | 53651 | 48287 | 49940 | 54447 | 56180 | 63409 | 56758 |
| в пересчете на тыс.т | 797 | 744 | 624 | 718 | 424 | 401 | 424 | 465 | 537 | 483 | 499 | 544 | 562 | 634 | 568 |
| <i>Пивоварение</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Пиво ³⁾ , млн. дкл | 336 | 213 | 516 | 910 | 984 | 823 | 780 | 783 | 756 | 777 | 769 | 793 | 820 | 819 | 852 |
| в пересчете на тыс.т | 3360 | 2130 | 5160 | 9100 | 9840 | 8230 | 7800 | 7830 | 7560 | 7771 | 7692 | 7929 | 8201 | 8190 | 8523 |
| <i>Молочная продукция</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Цельномолочная продукция (в пересчете на молоко), млн. т | 20,8 | 5,6 | 6,2 | 9,7 | 10,9 | 11,5 | 11,7 | 11,9 | 11,5* | 11,3* | 11,5* | 11,6* | 11,3* | 11,3* | 11,5* |
| Сыры жирные (включая брынзу) ⁴⁾ , тыс. т | 458 | 218 | 221 | 378 | 437 | 499 | 589 | 605 | 652 | 673 | 721 | 767 | 845 | 912 | 993 |
| Масло животное ⁵⁾ , тыс. т | 833 | 421 | 267 | 254 | 212 | 253 | 258 | 253 | 270 | 267 | 270 | 279 | 283 | 326 | 336 |
| Итого, в пересчете на тыс. т | 22091 | 6239 | 6688 | 10332 | 11549 | 12252 | 12547 | 12758 | 12422 | 12240 | 12491 | 12646 | 12428 | 12538 | 12718 |
| <i>Рыбопереработка</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Товарная пищевая рыбная продукция, включая консервы рыбные ⁶⁾ , млн. т | 4,3 | 2,4 | 3,0 | 3,4 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,5 |
| в пересчете на тыс. т | 4300 | 2400 | 3000 | 3400 | 3600 | 3725 | 3829 | 4000 | 4167 | 4250 | 4242 | 4314 | 4407 | 4155 | 4454 |
| <i>Переработка мяса и птицы</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Мясо, включая субпродукты 1 категории ⁷⁾ , тыс. т | 6484 | 2370 | 1194 | 1857 | 3957 | 5971 | 6631 | 7063 | 7791 | 8142 | 8261 | 8644 | 8919 | 9394 | 9751 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| Колбасные изделия ⁸⁾ , тыс. т | 2283 | 1293 | 1052 | 2014 | 2439 | 2475 | 2445 | 2436 | 2259 | 2282 | 2282 | 2355 | 2448 | 2411 | 2481 |
| Мясные полуфабрикаты ⁹⁾ , тыс. т | 1075 | 268 | 244 | 987 | 1624 | 2736 | 2912 | 3076 | 3060 | 3275 | 3658 | 4175 | 4287 | 4396 | 4727 |
| Консервы мясные и мясорастительные ¹⁰⁾ , млн. условных банок | 545 | 348 | 508 | 674 | 671 | 746 | 649 | 601 | 647 | 603 | 669 | 736 | 643 | 838 | 896 |
| Итого, в пересчете на тыс. т | 10082 | 4084 | 2714 | 5155 | 8315 | 11510 | 12274 | 12839 | 13394 | 13964 | 14495 | 15498 | 13734 | 16570 | 17354 |
| <i>Краски</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лакокрасочные материалы ¹¹⁾ , тыс. т | 2338 | 579 | 575 | 721 | 1076 | 1281 | 1215 | 1328 | 1402 | 1475 | 1530 | 1933 | 2011 | 1960 | 2185 |
| <i>Нефтепереработка</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Первичная переработка нефти, млн.т | 298 | 182 | 173 | 208 | 250 | 295 | 287 | 285 | 284 | 292 | 290 | 275 | 285 | 277 | Н.д. ²²⁾ |
| Итого, в пересчете на тыс.т | 297815 | 182278 | 172963 | 207746 | 249859 | 295089 | 287483 | 285347 | 284465 | 292019 | 289863 | 275080 | 285434 | 277221 | Н.д. ²²⁾ |
| <i>Пластмассы и смолы</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Синтетические смолы и пластические массы ¹²⁾ , тыс. т | 3258 | 1804 | 2576 | 3418 | 4963 | 6643 | 7267 | 7715 | 7805 | 8250 | 8702 | 10198 | 11139 | 10329 | 10800 |
| <i>Целлюлоза и бумага</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Целлюлоза товарная, тыс. т | 2429 | 1801 | 2037 | 2429 | 2056 | 2611 | 2611 | 2429 | 2013 | 2700 | 2800** | 2700** | 2836** | 2700** | 2893** |
| Бумага, тыс. т**** | 5240 | 2773 | 3326 | 4001 | 4688 | 5051 | 5073 | 5274 | 8733 | 9148 | 9235 | 9718 | 10404 | 10135 | 10108 |
| Картон, включая бумагу для гофрирования ¹³⁾ , тыс. т | 3085 | 1301 | 1985 | 3125 | 2971 | 3099 | 3121 | 3366 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Итого, тыс. т | 10754 | 6087 | 7532 | 9426 | 9715 | 10761 | 10805 | 11069 | 10746 | 11848 | 12035 | 12418 | 13240 | 12835 | 13001 |
| <i>Очистка сахара</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сахар-песок ¹⁴⁾ , тыс. т | 3758 | 3155 | 6077 | 5600 | 2782 | 4607 | 5135 | 5794 | 6665 | 6273 | 7264 | 5796 | 5931 | 6037 | 6647 |
| Сахар-рафинад ¹⁵⁾ , тыс. т | 1077 | 126 | 71 | 43 | 1969 | 642 | 608 | 251 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 19 |
| Итого, тыс. т | 4835 | 3281 | 6148 | 5643 | 4751 | 5249 | 5743 | 6045 | 6665 | 6273 | 7264 | 5796 | 5931 | 6097 | 6667 |
| <i>Растительные масла</i> | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Масла растительные ¹⁶⁾ , тыс. т | 1159 | 802 | 1375 | 2200 | 3091 | 4981 | 4660 | 5199 | 5735 | 5950 | 6778 | 7462 | 6753 | 8150 | 9751 |
| Овощи, фрукты и соки | | | | | | | | | | | | | | | |
| Картофель переработанный и консервированный (продукты из картофеля), тыс. т | 0,2 | 3,7 | 7,9 | 22,5 | 119,0 | 147,0 | 159,0 | 164,0 | 180,7 | 245,0 | 309,5 | 348,7 | 382,4 | 371,9 | 436,9 |
| Овощи свежемороженые ¹⁷⁾ , тыс. т | 3,30 | 0,60 | 1,10 | 11,61 | 24,50 | 45,80 | 55,40 | 71,70 | 62,62 | 55,90 | 83,74 | 108,00 | 135,32 | 118,77 | 114,59 |
| Консервы плодовоовощные (включая напитки, нектары и соки), млн. условных банок | 4449 | 1014 | 1636 | 7123 | 6963 | 10728 | 10081 | 9782 | 9873 | 9838 | 9656 | 10143 | 11157 | 10576 | 12040 |
| Итого, в пересчете на тыс. т | 1783 | 410 | 663 | 2883 | 2929 | 4484 | 4247 | 4149 | 4192 | 4236 | 4256 | 4514 | 4981 | 4721 | 5347 |
| Вина и уксус | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вина виноградные ¹⁸⁾ , млн. дкл | 75,7 | 15,2 | 24,1 | 31,7 | 79,1 | 73,5 | 85,1 | 88,7 | 82,8 | 82,9 | 87,3 | 70,3 | 60,3 | 65,2 | 45,6 |
| Вина плодовые ¹⁹⁾ , млн. дкл | 0.0 | 7.6 | 2.8 | 3.0 | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Вина шампанские и игристые ²⁰⁾ , млн. дкл | 8.3 | 8.2 | 6.8 | 14.1 | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Итого, в пересчете на тыс. т | 840 | 310 | 337 | 488 | 791 | 735 | 851 | 887 | 828 | 829 | 873 | 703 | 603 | 652 | 456 |
| Мыла и моющие средства | | | | | | | | | | | | | | | |
| Синтетические моющие средства ²¹⁾ , тыс. т | 876 | 334 | 436 | 714 | 1527 | 1543 | 1566 | 1646 | 1748 | 1849 | 1900 | 2056 | 2133 | 2043 | 2083 |

¹⁾ С 2010г – крахмалы, кроме модифицированных

²⁾ С 2010г – спирт этиловый, ректифицированный из пищевого сырья, с 2017г – спирт этиловый ректифицированный (по данным Росалкогольтабакконтроля)

³⁾ С 2010г – пиво, кроме отходов пивоварения, с 2012г - пиво, включая напитки, изготавливаемые на основе пива (пивные напитки), с 2017 г. – пиво, кроме отходов пивоварения

⁴⁾ С 2009г – сыры и продукты сырные, с 2019г. – сыры; молокосодержащие продукты с заменителем молочного жира, произведенные по технологии сыра.

⁵⁾ С 2010г – масло сливочное и пасты масляные

⁶⁾ С 2010г – рыба и продукты рыбные, переработанные и консервированные, с 2017г. – рыба, переработанная и консервированная, ракообразные и моллюски

⁷⁾ С 2010г – мясо и субпродукты пищевые убойных животных и домашней птицы, с 2017г. - мясо и субпродукты - всего

⁸⁾ С 2010г – изделия колбасные, с 2017г – изделия колбасные, включая изделия колбасные для детского питания

- ⁹⁾ С 2010г – полуфабрикаты мясные (мясосодержащие) охлажденные, подмороженные и замороженные, с 2017г. - полуфабрикаты мясные, мясосодержащие, охлажденные, замороженные
- ¹⁰⁾ С 2010г – консервы мясные (мясосодержащие) и мясорастительные, с 2017г – консервы мясные (мясосодержащие), включая консервы для детского питания
- ¹¹⁾ С 2010г – материалы лакокрасочные и аналогичные для нанесения покрытий, краски и мастики полиграфические, с 2017 г. - материалы лакокрасочные и аналогичные для нанесения покрытий, полиграфические краски и мастики
- ¹²⁾ С 2010г – пластмассы в первичных формах
- ¹³⁾ С 2010 по 2016 гг – картон, с 2017 г. – информация Росстатом не разрабатывается
- ¹⁴⁾ С 2010г – сахар белый свекловичный в твердом состоянии, с 2017г. - сахар белый свекловичный в твердом состоянии без вкусоароматических или красящих добавок
- ¹⁵⁾ С 2010г – сахар белый тростниковый в твердом состоянии, с 2017г. - сахар белый тростниковый без вкусоароматических или красящих добавок
- ¹⁶⁾ С 2010г – масла растительные нерафинированные, включая кукурузное, с 2017г – масла растительные и их фракции нерафинированные и масло кукурузное и его фракции нерафинированные
- ¹⁷⁾ С 2010г – плодоовощная продукция замороженная, с 2017г – овощи (кроме картофеля) и грибы замороженные
- ¹⁸⁾ С 2010г – вина – всего, с 2013г – винодельческая продукция, с 2017г – данные Росалкогольтабакконтроля
- ¹⁹⁾ С 2010г – вина плодовые специальные и столовые, кроме сидра
- ²⁰⁾ С 2010г – вина игристые и газированные (из вин – всего)
- ²¹⁾ С 2010г – средства моющие
- 22) Информация о нефти за 2023 год не публикуется на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 26.04.2023 № 1074-р (ред. от 05.03.2024). Для расчетов использованы данные за 2022 год.
- * - по данным Союзмолоко
- ** - по данным АО «Группа «Илим»
- *** - данные в расчете не используются
- **** - с 2017 г. бумага и картон

7.6.3 Оценка неопределенностей

Оценка неопределенностей выбросов CH_4 от промышленных сточных вод проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2000, 2006). Использовались формулы расчета неопределенностей от суммы и произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; МГЭИК, 2006). Неопределенность исходных данных Росстата о производстве отдельных видов продукции принята как 25%, для B_0 30%, для данных об образовании ХПК – 75%. Принятая для системы очистки стоков целлюлозно-бумажной продукции неопределенность МСФ оценена как 133, для остальных систем очистки стоков – 100%. Полученная в результате расчетов неопределенность данных для оценки выбросов CH_4 от промышленных стоков составила 79%, а коэффициентов выбросов – 88%. Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CH_4 от промышленных стоков составила 149%, что отвечает недостаточности данных в разных отраслях промышленности о применяемых системах очистки стоков и процессах образования CH_4 в них.

7.6.4 Оценка и контроль качества

В процессе подготовки национального кадастра была предпринята пошаговая перепроверка данных о деятельности и параметров, использованных в расчете выбросов парниковых газов от данной категории источников. Также выполнено сравнение значений оценок выбросов за разные годы. Указанные мероприятия выполнялись разработчиками кадастра, ответственными за расчет выбросов по данной категории источников сектора «Отходы», и соответствуют процедурам контроля качества, выполнение которых предписано регламентом уровня 2 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006).

В целях обеспечения качества расчетов выбросов парниковых газов, экспертами ФГБУ ИГКЭ, не участвующими напрямую в расчетах выбросов от промышленных сточных вод, был произведен выборочный контроль корректности расчетов (от основных категорий источников) и проверена правильность заполнения таблиц ОТО. Кроме того, в рамках обеспечения качества ежегодно проводится независимая проверка данных о деятельности, использованных в расчетах выбросов, ответственными специалистами Росстата и Росприроднадзора на этапе согласования национального кадастра до представления кадастра в Секретариат РКИК ООН. Поступающие от министерств и ведомств замечания и исправления в обязательном порядке вносятся в текст доклада и таблицы ОТО. При необходимости выполняется пересчет величин выброса ПГ от промышленных сточных вод. Все выполненные пересчеты и исправления вновь согласуются с заинтересованными министерствами и ведомствами. Ежегодные мероприятия по обеспечению качества соответствуют уровню 2 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006).

После представления кадастра в Секретариат РКИК ООН его электронная версия находится в свободном доступе на сайтах Росгидромета и ИГКЭ. Таким образом, она открыта для комментариев и предложений широкого круга специалистов. Поступающие от них предложения учитываются при подготовке кадастра по этой категории источников в следующем году.

7.6.5 Перерасчеты

В текущем Кадастре был произведен некоторый перерасчет выбросов от промышленных сточных вод для периода 2017 – 2022 годов в связи с незначительным изменением исходных данных о производстве отдельных видов промышленной продукции из-за пересмотра соответствующих данных Росстатом.

7.6.6 Планируемые усовершенствования

В дальнейшем планируется продолжать сбор данных о применяемых в России технологиях очистки сточных вод в разных отраслях промышленности и соответствующих данных о деятельности предприятий. Также будет продолжена работа по анализу и оценке применимости различных коэффициентов МГЭИК в расчетах выбросов от промышленных сточных вод.

8. ПЕРЕСЧЕТЫ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

8.1 Объяснение и обоснование перерасчетов, в том числе сделанных в ответ на замечания экспертов по рассмотрению Кадастра

В соответствии с требованиями Условий, процедур и руководящих принципов рамок для обеспечения транспарентности действий и поддержки, упомянутых в статье 13 Парижского соглашения (приложение к Решению 18/СМА.1 Конференции Сторон, действующей в качестве совещания Сторон Парижского соглашения и методических документов МГЭИК (МГЭИК, 2006; IPCC, 2014) в настоящем кадастре были произведены пересчеты величин выбросов и абсорбции ПГ и усовершенствования, в том числе касавшиеся методик выполнения расчетных оценок. При этом осуществлялись соответствующие процедуры управления качеством и контроля качества кадастра. При выполнении пересчетов учитывались рекомендации Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению национальных кадастров, представленные в отчетах о рассмотрении предшествующих ежегодных кадастров.

Некоторые из выполненных пересчетов связаны с использованием более полных или уточненных данных по экономической и иной деятельности, приводящей к антропогенным выбросам или абсорбции ПГ, другие пересчеты были вызваны причинами методического характера. К таким причинам в том числе относится внедрение новых национальных коэффициентов выбросов, полученных в ходе выполнения проекта ВИП ГЗ. Были также исправлены обнаруженные в процессе внутреннего и внешнего рецензирования кадастра, ошибки в расчетах выбросов и абсорбции ПГ, в заполнении таблиц ОТО и в тексте НДК.

В зависимости от конкретной категории источников или поглотителей ПГ, пересчеты выполнялись для полного временного ряда, либо для отдельных его лет. Детализированная по категориям источников и поглотителей информация о пересчетах и усовершенствованиях приведена в разделах 3-7 настоящего доклада и в таблицах ОТО. Описанные в разделах 3 – 7 методологические усовершенствования (в том числе усовершенствования коэффициентов выбросов) были внедрены при разработке текущего кадастра, если в тексте разделов не указано иное.

8.2 Влияние выполненных перерасчетов на уровни выбросов и абсорбции

Данные о влиянии произведенных пересчетов на уровни выбросов и абсорбции парниковых газов приведены в таблице 8.1. Влияние пересчетов оценивалось путем сравнения таблиц ОТО данного кадастра с таблицами ОТО кадастра, представленного Российской Федерацией в РКИК ООН в предыдущем году. Сравнение таблиц выполнялось для базового года (1990 г.) и для последнего года, представленного в предыдущем кадастре.

Как следует из приведенных в таблице 8.1 результатов, перерасчеты оказали незначительное влияние на величину совокупного выброса ПГ без учета сектора ЗИЗЛХ и умеренно повлияли на величину совокупного выброса с учетом сектора ЗИЗЛХ (и для 1990 и для 2022 года). Причиной этого послужили, в основном, перерасчеты нетто-выбросов CO₂ в секторе ЗИЗЛХ. Для остальных ПГ влияние перерасчетов можно оценить как незначительное, или (для CH₄ в 2022 году) как умеренное.

8.3 Влияние выполненных перерасчетов на тренды выбросов и абсорбции, включая согласованность временных рядов

Данные о влиянии произведенных пересчетов на тренды (тенденции) выбросов и абсорбции ПГ приведены в таблице 8.2. Влияние пересчетов оценивалось путем сравнения данных таблиц ОТО текущей версии кадастра с данными таблиц ОТО кадастра, представленного Российской Федерацией в РКИК ООН в предыдущем году. Выполненные перерасчеты привели к некоторому уменьшению величины тренда, рассчитанного без учета сектора ЗИЗЛХ, и относительно существенному (на 12,9%) увеличению величины тренда с учетом сектора ЗИЗЛХ, обусловленному, в основном, перерасчетом величин нетто-выбросов CO₂.

Влияния произведенных пересчетов на согласованность временных рядов обнаружено не было.

Таблица 8.1

Влияние выполненных пересчетов на совокупный выброс парниковых газов с учетом сектора ЗИЗЛХ (%)

| Парниковый газ | Год | |
|---|------|------|
| | 1990 | 2022 |
| CO ₂ | -7,3 | 7,4 |
| CH ₄ | 0,1 | -3,8 |
| N ₂ O | 0,0 | 0,0 |
| ГФУ | 0,0 | 0,0 |
| ПФУ | 0,0 | 0,0 |
| SF ₆ | 0,0 | 0,0 |
| NF ₃ | NO | 0,0 |
| Совокупный выброс всех парниковых газов без учета сектора ЗИЗЛХ | 0,2 | -0,8 |
| Совокупный выброс всех парниковых газов с учетом сектора ЗИЗЛХ | -6,7 | 3,8 |

Таблица 8.2

Влияние выполненных пересчетов на тренд совокупного выброса парниковых газов (%)

| | Период |
|-----------------|-------------|
| | 1990 – 2022 |
| Без учета ЗИЗЛХ | -1,9 |
| С учетом ЗИЗЛХ | 12,9 |

8.4 Области усовершенствования и укрепление потенциала

Общими задачами мероприятий по совершенствованию национального кадастра являются повышение точности, полноты и репрезентативности оценок выбросов, выполнение расчетов для ранее не оценивающихся категорий источников и поглотителей и анализ неопределенности полученных результатов. Выполнение запланированных мероприятий обеспечивается учетом рекомендаций Группы экспертов РКИК ООН по техническому рассмотрению кадастра, уточнением расчетов выбросов парниковых газов и снижением их неопределенности. Наибольшее внимание при планировании и реализации усовершенствований уделяется ключевым категориям.

Следует отметить, что выполнение пересчетов и усовершенствований, связанных с учетом рекомендаций Группы экспертов РКИК ООН, в некоторых случаях требует значительного времени и не может быть закончено в течение одного цикла подготовки кадастра.

Детализированная по категориям источников и секторам информация о планируемых усовершенствованиях приведена в разделах 3-7 настоящего доклада.

В целях институционального совершенствования российской системы оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов кадастра и укрепления потенциала в 2023-2024 гг. производился пересмотр действующего Порядка подготовки кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов (см. раздел 1 настоящего доклада). Изменения Порядка вошли в силу в 2024 году³⁰.

³⁰ Порядок подготовки кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Утвержден приказом Минприроды России от 15.10.2024 г., № 610.

9. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ СОГЛАСНО ПУНКТУ 1 СТАТЬИ 7 КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА К РАМОЧНОЙ КОНВЕНЦИИ ООН ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА

9.1 Информация о российской системе оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов

В 2006 г., в соответствии с требованиями Киотского протокола были созданы российская система оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов³¹ и российский реестр углеродных единиц³². Описание системы оценки содержится в разделе 1 настоящего доклада.

В 2017 г., с целью учета новых требований руководящих документов РКИК ООН и использования накопившегося за время функционирования системы оценки опыта, распоряжением Правительства РФ³³ в систему были внесены изменения. В частности, данным распоряжением Минприроды России, Минпромторгу России, Минэнерго России, Минтранс России, Росстату, Росреестру, Рослесхозу, Росприроднадзору, ФТС России и Росводресурсам поручено:

- обеспечить представление в Росгидромет ежегодно, до 31 декабря, официальной статистической информации за предшествующий год и иных данных о процессах и видах деятельности, в результате которых происходят антропогенные выбросы из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, а также информации о методах их сбора и обработки;
- осуществлять согласование кадастра в течение 30 дней со дня его поступления из Росгидромета;

Росгидромету поручено:

- согласование кадастра с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти;
- осуществление обработки представляемых информации и данных в соответствии с методиками для оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ, одобренными конференциями Сторон Конвенции и совещаниями Сторон Киотского протокола;
- осуществление оценок объемов антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ на основе представляемой информации и данных;
- представление ежегодно, до 25 марта, в Минприроды России кадастра, содержащего данные и оценку объемов антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ за период с 1990 года по год, предшествующий предыдущему, согласованный с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти;
- направление согласованного Минприроды России кадастра в Секретариат РКИК ООН;
- осуществление взаимодействия с органами РКИК ООН и Киотского протокола, в том числе с группой экспертов по рассмотрению представленных РФ кадастров, докладов и сообщений, обеспечивая работу таких групп в РФ, привлечение к работе специалистов других федеральных органов исполнительной власти и организаций по согласованию;
- обеспечение по результатам рассмотрения группой экспертов кадастров, докладов и сообщений устранения имеющихся замечаний и доработку указанных документов совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти;

³¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 1 марта 2006 г. № 278-р.

³² Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 февраля 2006 г. № 215-р.

³³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 15 мая 2017 года N 930-р

- осуществление архивирования и хранения данных кадастра за каждый год.

Минприроды России поручено осуществлять рассмотрение согласованного федеральными органами исполнительной власти кадастра в течение 20 дней со дня его поступления из Росгидромета.

Внесенные в систему оценки изменения направлены на повышение ее эффективности и на обеспечение своевременной разработки кадастров, национальных сообщений и двухгодичных докладов РФ.

В дальнейшем изменения в российскую систему оценки не вносились.

9.2 Информация о деятельности российского реестра углеродных единиц

В связи с тем, что во втором периоде действия Киотского протокола РФ не имела обязательств по сокращению или ограничению выбросов ПГ и не использовала механизмы гибкости Киотского протокола, российский реестр углеродных единиц, на основании запроса РФ, был отключен от Международного регистрационного журнала операций 30 декабря 2015 г.

После этой даты изменения в реестре не производились, количество единиц всех видов не изменялось. Информация о содержащихся в реестре единицах приведена в табличном формате в приложении V.9 настоящего доклада.

9.3 Дополнительная информация о деятельности в области землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства

Учитывая, что РФ не имела количественных обязательств по второму периоду обязательств Киотского протокола, а также тот факт, что Россия не ратифицировала Дохийскую поправку к Киотскому протоколу, дополнительная информация о деятельности в области землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства согласно статьям 3.3 и 3.4 Киотского протокола в соответствии с правилами для второго периода выполнения количественных обязательств (решение 2/СМР.7) не предоставляется.

Согласно статье 3.3 Киотского протокола, прозрачная и поддающаяся проверке информация по облесению и лесовосстановлению (КР.А.1 – Afforestation and reforestation) представлена в разделе 6.4.1.2 «Земли, переустроенные в лесные земли» (подкатегория 4.А.2.1 ОТО), по обезлесению (КР.А.2 – Deforestation) – в разделе 6.4.5.2.1 «Лесные земли, переустроенные в поселения» (подкатегория 4.Е.2.1 ОТО).

Согласно статье 3.4 Киотского протокола, прозрачная и поддающаяся проверке информация по управлению лесным хозяйством» (КР.В.1 – Forest management) представлена в разделе 6.4.1.1 «Лесные земли, остающиеся лесными землями» (подкатегория 4.А.1 ОТО)».