Р О С С И Й С К А Я Ф Е Д Е Р А Ц И Я

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДОКЛАД

О КАДАСТРЕ

антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом

за 1990 – 2020 гг.

Часть 1

Москва 2022

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

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 обороны Российской Федерации (Минобороны России);
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России);
Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России);
Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России);
Министерство науки и высшего образования (Минобрнауки России);
Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз);
Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация);
Федеральное агентство по недропользованияю (Роснедра);
Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр);
Федеральная служба государственной статистики (Росстат);
Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор);
Федеральная таможенная служба (ФТС России).

В докладе использованы материалы, предоставленные следующими организациями:

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», Объединенная компания «РУСАЛ», АО «Концерн Росэнергоатом», АО «Воркутауголь», АО «Завод ТО ТБО», КГУП «ПЭО», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ГУП «Экология»,ОАО «Волжский абразивный завод», ОАО «ПТЭК», ООО «Завод электроагрегатного машиностроения СЭПО-ЗЭМ», СПБ ГУП «Завод МПБО-2», ООО «ЕФН – Экотехпром МСЗ 3», ООО «Хартия», ООО «Экоком».

Авторы-составители:

Романовская А.А., д.б.н., чл.-корр. РАН, Нахутин А.И., к.ф.-м.н., Гинзбург В.А., к.г.н., Грбар В.А., к.б.н., Имшенник Е.В., к.г.н., Карабань Р.Т., к.с-х.н., Коротков В.Н., к.б.н., Вертянкина В.Ю., Григурина Т.В., Говор И.Л., Литвинчук Г.Г., Лытов В.М., Полумиева П.Д., Попов Н. В., Трунов А.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.: +7 499 252-55-04; +7 499 252-94-84
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

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Резюме 6
Р.1 Общие сведения об изменении климата и кадастрах парниковых газов 6
Р.2 Тенденции изменения выбросов и абсорбции парниковых газов 8
Р.3 Тенденции выбросов по секторам 10

1. Введение 12
1.1 Общие сведения об изменении климата и кадастрах парниковых газов 12
1.2 Организация и разработка национального кадастра Российской Федерации 15
1.3 Общее описание методологий и источников данных 21
1.4 Анализ ключевых категорий 21
1.5 Общая оценка неопределенности 21
1.6 Общая оценка полноты 22

2. Тенденции изменения выбросов и абсорбции парниковых газов 23
2.1 Тенденции совокупных выбросов парниковых газов 23
2.2 Тенденции выбросов по секторам 25

3. Энергетика (Сектор 1 ОФД) 27
3.1 Обзор по сектору 27
3.2 Сжигание топлива (1.A) 28
3.3 Выбросы от утечек и испарения топлив (1.B) 76

4. Промышленные процессы и использование продукции (Сектор 2 ОФД) 102
4.1 Обзор по сектору 102
4.2 Производство минеральных материалов (2.A) 104
4.3 Химическая промышленность (2.B) 113
4.4 Металлургия (2.C) 130
4.5 Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива 140
4.6 Электронная промышленность 145
4.7 Использование фторированных заменителей ОРВ 148
4.8 Производство и использование других продуктов 162
4.9 Другие производства (2.H) 165

5. Сельское хозяйство (Сектор 3 ОФД) 169
5.1 Обзор по сектору 169
5.2 Методология сбора данных о деятельности по сектору сельского хозяйства 172
5.3 Выбросы при внутренней ферментации сельскохозяйственных животных (3A) 173
5.4 Выбросы CH_4 от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета (3B1) 185
5.5 Выбросы N_2O от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета (3B2) 189
5.6 Рисоводство (3C) 198
5.7 Прямые выбросы от сельскохозяйственных земель (3D1) 200
5.8 Косвенные выбросы от сельскохозяйственных земель (3D2) 219
5.9 Контролируемое сжигание растительных остатков (3F) 220
5.10 Выбросы от известкования, внесения мочевины и других углеродсодержащих удобрений (3.G-I) 222
5.11 Неопределенность оценок выбросов 223

5.12 Обеспечение и контроль качества 226
5.13 Пересчеты и планируемые усовершенствования 226

6. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (Сектор 4 ОФД) 230
6.1 Обзор по сектору 230
6.2 Определение категорий землепользования и разработка матрицы земель 234
6.3 Информация о подходах и исходных данных, используемых для согласованного представления земель и разработки матрицы преобразований в землепользовании 237
6.4 Характеристика выбросов по подкатегориям 243
6.5 Неопределенность оценок выбросов 376
6.6 Ключевые категории, значимые пулы и источники парниковых газов 380
6.7 Обеспечение и контроль качества 381
6.8 Перерасчеты и усовершенствования 381
6.9 Планируемые усовершенствования 388

7. Отходы (Сектор 5 ОФД) 390
7.1 Обзор по сектору 390
7.2 Захоронение твердых отходов на свалках и полигонах (5.A) ..... - 393 -
7.3 Биологическая обработка твердых отходов (5.B.) 405
7.4 Выбросы от сжигания отходов (5.C) 407
7.5 Очистка бытовых сточных вод (5.D.1) 411
7.6 Очистка промышленных сточных вод (5.D.2) 420

8. Прочие (Сектор 6 ОФД) 428

9. Пересчеты и усовершенствования 429
9.1 Объяснение и обоснование пересчетов 429
9.2 Влияние на уровни выбросов 429
9.3 Влияние на тренды и согласованность временных рядов 429
9.4 Планируемые усовершенствования 430

10. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола 431
10.1 Информация о российской системе оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов 431
10.2 Информация о деятельности российского реестра углеродных единиц 432
10.3 Дополнительная информация о деятельности в области землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства согласно статьям 3.3 и 3.4 432
10.4 Сведение к минимуму неблагоприятных последствий в соответствии с пунктом 14 статьи 3 Киотского протокола 432

Литература и источники данных 437

Р Е З Ю М Е

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

Климат можно определить, как совокупность всех погодных условий, наблюдавшихся на конкретной территории за некоторый продолжительный промежуток времени[1]. 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. Согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации (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.

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 аэрозолей (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 атмосфере[2]. Существование природного (не связанного с деятельностью человека) парникового эффекта приводит к тому, что средняя глобальная температура воздуха у земной поверхности равна примерно плюс 14ºС, в то время как в отсутствие парникового эффекта она была бы равна минус 19ºС. Основной вклад в природный парниковый эффект вносит водяной пар.

Пятый доклад об оценках Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) констатирует, что, с вероятностью более 95%, влияние человека было доминирующей причиной потепления, наблюдаемого с середины XX в.

Климат России отличается значительным разнообразием. Острова Северного Ледовитого океана и его материковое побережье относятся к арктическому и субарктическому поясам. Основная часть территории страны располагается в умеренном поясе. 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°С на Северном Кавказе до -16÷ -14°С в Республике Саха (Якутия).

Текущее изменение климата России в целом следует охарактеризовать как продолжающееся потепление со скоростью, более чем в два с половиной раза превышающей среднюю скорость глобального потепления. Самыми быстрыми темпами на территории России росла температура Северной полярной области, особенно в последние десятилетия. Изменение климата

---

[1] *Существуют и другие определения климата, несколько отличающиесяот приведенного. Обсуждение можно найти в книге (Груза, Ранькова, 2012).*

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

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

Наблюдаемые и ожидаемые в будущем изменения климата на территории России обусловливают многочисленные и, зачастую, важные – отрицательные и положительные – последствия для природных и хозяйственных систем, а также для населения.

Российская Федерация является Стороной РКИК ООН, входящей в Приложение I и Стороной Киотского протокола, входящей в Приложение «B». В соответствии со своими обязательствами по статьям 4 и 12 РКИК ООН, Российская Федерация разрабатывает, периодически (в настоящее время, на основании решений Конференции Сторон РКИК ООН 18/CP.8 и 24/CP.19 – ежегодно) обновляет, публикует и представляет Конференции Сторон РКИК ООН через ее секретариат национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. В соответствии с обязательствами по статье 7 Киотского протокола, раздел 10 национального кадастра включает дополнительную информацию, необходимую для целей обеспечения соблюдения Протокола.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 марта 2006 г. № 278-р[3] была создана и функционирует российская система оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой, принятым в г. Монреале 16 сентября 1987 г.

Согласно решению 24/CP.19 Конференции Сторон РКИК ООН, настоящий кадастр разработан в соответствии с требованиями 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». Методической основой для выполнения оценок выбросов и абсорбции парниковых газов, включенных в кадастр, являлись методологические руководства (доклады), разработанные МГЭИК, дополненные отечественными разработками, основанными на опыте национальных инвентаризаций и материалах научных исследований.

В состав представляемых в РКИК ООН материалов кадастра входят Национальный доклад о кадастре (НДК) и электронные таблицы Общей формы доклада (ОФД), содержащие полную количественную информацию по выбросам и абсорбции парниковых газов.

В кадастр включены данные о выбросах и абсорбции всех парниковых газов, указанных в Приложении «A» Киотского протокола – диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), закиси азота (N_2O), гидрофторуглеродов (ГФУ), перфторуглеродов (ПФУ), гексафторида серы (SF_6) и трифторида азота (NF_3), а также газов с косвенным парниковым эффектом – оксидов азота (NO_X), окиси углерода (CO), и диоксида серы (SO_2). Оценки выбросов или абсорбции выполнены для всех 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 выполнения таких оценок. Для отдельных видов деятельности оценки приведены в категориях, отличных от предусмотренных классификацией МГЭИК, что связано со специфическими особенностями используемых для выполнения оценок исходных данных о деятельности.

Оценки выбросов и абсорбции охватывают всю территорию Российской Федерации. Природные (неантропогенные) выбросы и абсорбция в кадастре не учитываются.

Для пересчета выбросов парниковых газов в эквивалент диоксида углерода (CO_2-экв.) в кадастре использованы 100-летние потенциалы глобального потепления МГЭИК, приведенные в Приложении III к решению 24/CP.19 Конференции Сторон РКИК ООН.

---

[3] *В настоящее время система действует в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 15 мая 2017г. № 930-р*

Р.2 Тенденции изменения выбросов и абсорбции парниковых газов

Данные о совокупных антропогенных выбросах в Российской Федерации всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом (в CO_2-экв.), представлены на рисунке Р.1 и в таблице Р.1. По сравнению с 1990 годом – базовым годом РКИК ООН и Киотского протокола, совокупные выбросы значительно снизились (на 52,0% с учетом сектора ЗИЗЛХ, и на 35,1% – 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 Российской Федерации, изменение структуры топливного баланса. Определенный вклад в динамику выбросов вносят общий тренд температуры воздуха на территории России ее межгодовые колебания; эти факторы оказывают свое влияние опосредованно, через изменения потребления ископаемых видов топлива, воздействующие на величину выбросов в секторе «Энергетика».

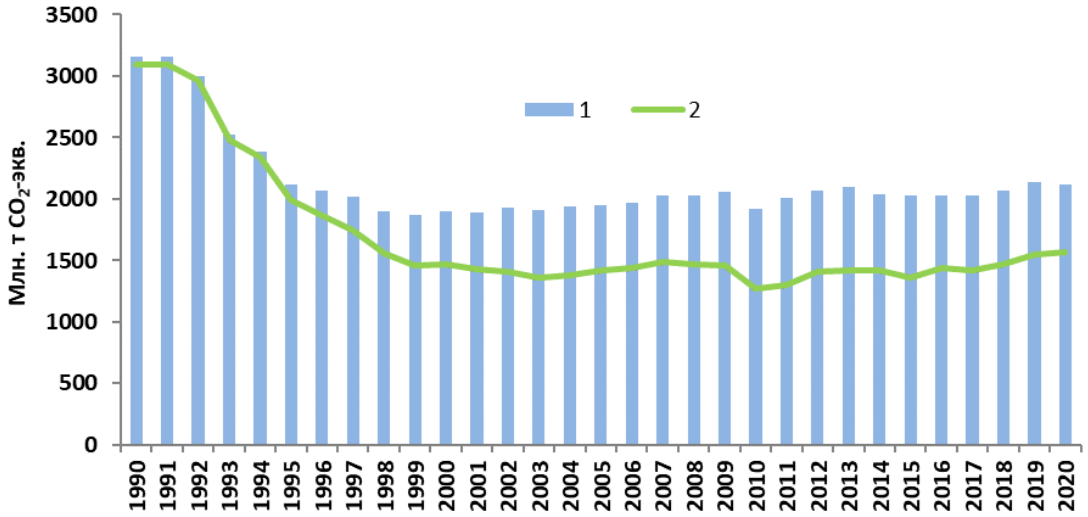

Рисунок Р.1 – Совокупные антропогенные выбросы парниковых газов в Российской Федерации, без учета (1) и с учетом (2) сектора ЗИЗЛХ

На протяжении 1990-1998 гг. в Российской Фелерации происходил значительный спад выбросов, обусловленный общей отрицательной динамикой экономической ситуации, сдвигами в структуре экономики и структуре топливного баланса. В 1999-2008 гг., в период экономического подъема, происходившего как в сфере производства, так и в сфере потребления, выбросы демонстрировали устойчивый рост, однако темп увеличения выбросов был значительно ниже темпа их спада в предшествующие годы. Так, с 1990 г. по 1998 г. величина совокупного выброса (без учета сектора землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) уменьшилась на 1 295,2 млн. т CO_2-экв., а с 2000 г. по 2008 г. она возросла лишь на 161,7 млн. т CO_2-экв.

В 2009 году произошло снижение выбросов, вызванное затронувшим Российскую Федерацию мировым экономическим кризисом. В 2010-2012 гг., в период посткризисного восстановления экономики, выбросы вновь увеличивались. За период 2013-2016 гг. совокупный выброс парниковых газов несколько уменьшился (на 70,5 млн. т CO_2-экв. по отношению к 2012 году, без учета сектора ЗИЗЛХ). В 2017-2018 гг. совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ имел тенденцию к росту, увеличившись на 5,2% за два года. 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. CO_2-экв.)

Сектор	Год														
	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
CO_2 без учета ЗИЗЛХ	2534,9	1619,0	1478,2	1559,1	1626,2	1679,3	1694,6	1632,7	1631,7	1629,7	1624,8	1654,2	1700,5	1692,4	1624,2
CO_2 с учетом ЗИЗЛХ	2429,6	1379,0	977,6	994,3	872,0	981,7	974,4	969,1	927,8	1001,2	978,2	1011,3	1065,6	1090,9	1019,4
CH_4 без учета ЗИЗЛХ	435,9	331,9	303,3	308,7	295,6	298,2	299,1	295,5	292,3	289,6	289,1	295,2	304,8	307,8	299,2
CH_4 с учетом ЗИЗЛХ	457,0	350,2	322,8	330,0	317,4	320,0	320,8	315,5	314,3	311,5	312,0	319,0	334,9	333,2	321,3
N_2O без учета ЗИЗЛХ	139,3	87,4	73,5	70,9	72,1	76,2	73,5	75,2	76,1	77,7	81,4	82,7	82,1	83,9	86,2
N_2O с учетом ЗИЗЛХ	150,0	102,2	89,6	88,3	84,1	88,5	86,2	87,2	89,9	94,3	96,1	98,3	102,3	101,0	99,6
ГФУ	35,9	15,4	26,6	19,8	13,4	11,3	17,8	21,8	24,9	22,4	23,6	34,4	42,5	36,0	39,1
ПФУ	15,1	13,5	9,9	6,3	3,6	3,3	3,3	3,4	3,1	3,5	3,7	2,7	1,7	1,6	1,7
SF_6	1,4	0,7	1,0	1,6	1,0	0,8	5,5	5,2	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,1	1,0
NF_3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего, без учета ЗИЗЛХ	3162,6	2067,8	1892,4	1966,3	2011,9	2069,0	2093,9	2033,8	2029,1	2024,0	2023,4	2070,2	2132,7	2122,8	2051,4
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	3089,1	1861,0	1427,4	1440,3	1291,5	1405,6	1408,0	1402,2	1361,0	1434,0	1414,5	1466,8	1548,2	1563,8	1482,2
Всего, без учета ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов	3162,6	2067,8	1892,4	1966,3	2011,9	2069,0	2093,9	2033,8	2029,1	2024,0	2023,4	2070,2	2132,7	2122,8	2051,4
Всего, с учетом ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов	3089,1	1861,0	1427,4	1440,3	1291,5	1405,6	1408,0	1402,2	1361,0	1434,0	1414,5	1466,8	1548,2	1563,8	1482,2

Таблица Р.2

Тенденции выбросов парниковых газов в Российской Федерации по секторам (млн. т. CO_2-экв.)

Сектор	Год														
	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Энергетика	2577,1	1669,2	1521,0	1590,2	1639,3	1687,3	1694,5	1625,2	1617,1	1611,3	1606,1	1637,0	1688,7	1682,3	1597,7
Промышленные процессы и использование продукции	285,1	184,0	197,7	208,9	197,8	201,1	217,2	221,4	221,7	219,1	218,0	230,9	240,2	233,6	241,7
Сельское хозяйство	247,5	163,2	118,9	104,9	103,5	106,2	105,2	107,7	107,5	108,6	112,3	113,2	112,8	114,0	116,6
ЗИЗЛХ	-73,6	-206,8	-465,0	-526,0	-720,4	-663,4	-685,9	-631,6	-668,1	-590,0	-609,0	-603,5	-584,5	-559,0	-569,2
Отходы	52,9	51,4	54,9	62,3	71,3	74,5	76,9	79,5	82,8	85,0	87,0	89,1	91,0	92,9	95,4
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	3089,1	1861,0	1427,4	1440,3	1291,5	1405,6	1408,0	1402,2	1361,0	1434,0	1414,5	1466,8	1548,2	1563,8	1482,2

В 2020 г., под воздействием пандемии COVID-19, ВВП уменьшился на 2,7%; сокращение совокупного выброса без учета сектора ЗИЗЛХ составило 3,4%.

Р.3 Тенденции выбросов по секторам

В таблице Р.2 представлены данные о выбросах и абсорбции парниковых газов в Российской Федерации с разбивкой по секторам кадастра[4], а в таблице Р.3 – приращения выбросов парниковых газов по секторам.

Таблица Р.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	-5,0	3,5	2,3	1,8	2,7	-3,4	-5,2
Последний год по отношению к 1990 г.	-38,0	-15,2	-52,9	673,7	80,4	-35,1	-52,0

[1)] Приращение нетто-абсорбции парниковых газов

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

Таблица Р.4

Распределение выбросов парниковых газов в Российской Федерации по секторам, %

Год	Сектор				Всего, без учета ЗИЗЛХ
	Энергетика	Промышленные процессы и использование продукции	Сельское хозяйство	Отходы	
Последний год, представленный в кадастре	77,9	11,8	5,7	4,6	100,0
Базовый год (1990 г.)	81,5	9,0	7,8	1,7	100,0

В структуре выбросов доминирует энергетический сектор, доля которого в совокупном выбросе без учета ЗИЗЛХ составляла в 2020 г. 77,9%. Уменьшился до 5,7% вклад в совокупный выброс сектора «Сельское хозяйство» и несколько возрос, по сравнению с 1990 г., вклад промышленного сектора, составивший в 2020 г. 11,8%. Сектор «Отходы» по-прежнему зани-

---

[4]*Термины, «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.*

мает последнее место по вкладу в совокупный выброс несмотря на то, что его выбросы возросли между 1990 и 2020 гг. в 1,8 раза. Наблюдавшиеся в секторах тенденции (динамика) выбросов определялись, в основном, изменениями объемов приводящей к выбросам экономической деятельности, изменениями использовавшихся технологий и оборудования.

На протяжении всего периода 1990-2020 гг. в секторе ЗИЗЛХ абсорбция парниковых газов преобладала над выбросами (табл. Р.2). В 1990 г. величина антропогенного нетто-поглощения парниковых газов из атмосферы в этом секторе составляла 73,6 млн. т CO_2-экв. В 2020 г. сектор обеспечивал нетто-поглощение парниковых газов из атмосферы в размере 569,2 млн. т CO_2-экв., компенсируя тем самым 27,7% общего выброса парниковых газов в других секторах. Доминирующим в данном секторе парниковым газом является CO_2. Общая динамика выбросов в секторе ЗИЗЛХ в период 1990-2020 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.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Общие сведения об изменении климата и кадастрах парниковых газов

1.1.1 Изменение климата

Климат можно определить, как совокупность всех погодных условий, наблюдавшихся на конкретной территории за некоторый продолжительный промежуток времени[5]. 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 атмосфере[6]. 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).

Пятый доклад об оценках МГЭИК констатирует, что антропогенные выбросы парниковых газов, вызванные в основном экономическим ростом и увеличением населения, возросли относительно доиндустриальной эпохи, и сейчас они как никогда значительны. Это привело к беспрецедентным, по крайней мере, за последние 800 тысяч лет, уровням атмосферных концентраций CO_2, CH_4 и N_2O. Их воздействия, совместно с воздействиями других антропогенных факторов, обнаружены во всей климатической системе и крайне вероятно (вероятность более 95%), что именно антропогенные воздействия являются главной причиной потепления, наблюдаемого с середины XX века (МГЭИК, 2014).

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,

---

[5] *Существуют и другие определения климата, несколько отличающиесяот приведенного. Обсуждение можно найти в книге (Груза, Ранькова, 2012).*

[6] *Приведено упрощенное определение парникового эффекта. Более точное научное определение имеется, например, в Пятом докладе обоценках МГЭИК (МГЭИК, 2013, с. 196)*

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 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. Площадь ее территории равна 17,125 млн. км^2 (первое место в мире). Протяженность территории в меридиональном направлении составляет 2,5-4,0 тыс. км, в широтном – 9,0 тыс. км. Россия омывается морями Северного Ледовитого океана, Тихого океана, Атлантического океана. На более чем 67% площади территории России распространена вечная мерзлота (многолетнемерзлые породы). Лесные земли[7] занимают более половины земельной площади страны. Большая протяженность территории Российской Федерации 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.

Климат России отличается значительным разнообразием. Территория страны располагается в четырех климатических поясах: арктическом, субарктическом, умеренном и субтропическом. Основная часть территории находитсятся 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°С на Северном Кавказе до -16÷ -14°С в Республике Саха (Якутия).

Согласно данным Доклада об особенностях климата (Росгидромет, 2021), в целом, 2020 г. в тропосфере всего Северного полушария стал рекордно теплым годом за период с 1958 г. Среднегодовая аномалия температуры (относительно норм 1981-2010 гг.) составила +0.83ºС, что на 0.18ºС больше предыдущего рекорда 2016 г. 2015-2020 гг. являются шестью самыми теплыми годами с начала инструментальных наблюдений в тропосфере Северного полушария. Структура климатических трендов температуры за период с 1981 г. по 2020 г. подтверждает тенденции потепления в тропосфере (+0.19 С/10 лет) и тенденции значительного похолодания в нижней стратосфере (-0.39 С/10 лет).

На территории Российской Федерации, в целом за год и во все сезоны, продолжается потепление, темпы которого намного превышают средние по Земному шару. 2020 год в России был необычайно теплым: максимальные значения за все время наблюдений отмечены не только для среднегодовой температуры, но и для всех сезонов, кроме лета. Осредненная по территории России среднегодовая аномалия температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961-90 гг.) составила +3.22ºС – это более чем на 1 градус выше предыдущего максимума, наблюдавшегося в 2007 г. Скорость роста осредненной среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976-2020 гг. составила по данным ФГБУ «ИГКЭ» 0,51ºС/10 лет. Это более чем в 2,5 раза выше скорости роста глобальной температуры за тот же период, и более чем в 1,5 раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара. Самыми быстрыми темпами в России росла температура Северной полярной области, особенно в последние десятилетия («Арктическое усиление потепления»): в течение последних тридцати лет (1990-2020 гг.) рост среднегодовой температуры составил здесь около 0,88°С/10 лет, т.е. 2,64°С за 30 лет. Минимум потепления в среднем за год отмечен на юге Сибири, где зимой по-прежнему наблюдается область убывания температуры, а летом и осенью ее рост здесь очень слаб.

---

[7] *Включая лесные земли лесного фонда и лесные земли, не входящие в лесной фонд.*

Средняя площадь, занятая морским льдом в Северном Ледовитом океане в сентябре 2020 года (3,92 млн. км^2), оказалась второй в ряду минимальных значений после минимума 2012 года (3,51 млн. км^2). В акватории арктических морей, по которым проходит трасса Северного морского пути, в 2020 году летний морской ледяной покров сократился к сентябрю до рекордно низкого уровня (26 тыс. км^2).

В 2019 году в целом по России количество выпавших осадков составило 106% нормы (среднего за 1961-1990 гг.) Значительный избыток осадков наблюдался в Северном федеральном округе (118% нормы), на юге Дальневосточного федерального округа. Дефицит осадков отмечен на юге ЕЧР и на большей части Восточной Сибири.

На значительной части территории России в период 1976-2020 гг. сохранялась тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова. При этом на большей части страны продолжалось увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова. На ЕЧР и в Западной Сибири сохраняется тенденция увеличения мощности сезонно-талого слоя вечной мерзлоты. В Центральной Сибири его мощность практически не изменилась по сравнению с 2019 годом и остается достаточно высокой (Росгидромет, 2021).

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 км^2 до 4,9 тыс. чел. на км^2. Высока степень урбанизации. Доля городского населения в общей численности населения в 2020 г. сотавлялала 74,7%, сельского – 25,3%. Экономические и демографические факторы оказывают влияние на величину и структуру антропогенных выбросов парниковых газов в атмосферу на территории страны.

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.

Изменения природных систем суши на территории России, связанные с изменением климата, многообразны. Увеличивается суммарный годовой сток рек; одновременно он перераспределяется по сезонам в пользу межени, растет его межгодовая изменчивость. В основном деградирует оледенение арктических островов и горное оледенение. 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. Опустынивания по климатическим причинам на территории Российской Федерации не происходит, в условиях снижении хозяйственной нагрузки (выпаса скота) наблюдается скорее обратный процесс – остепнение. 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 (Росгидромет, 2014).

Согласно оценкам, полученным с помощью современных климатических моделей, в течение всего XXI в. Россия останется регионом мира, где потепление климата существенно превышает среднее глобальное потепление. Ожидаются значительные изменения других климатических характеристик, причем в разных регионах России эти изменения могут существенно различаться (Росгидромет, 2014).

1.1.2 Национальный кадастр парниковых газов Российской Федерации

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 Россией условия вступления протокола в силу, предусмотренные его 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 году Россия присоединилась к Парижскому соглашению (Правительство, 2019).

Российская Федерация является Стороной РКИК ООН, входящей в приложение I и Стороной Киотского протокола, входящей в приложение «B». В соответствии со своими обязательствами по статьям 4 и 12 РКИК ООН, Российская Федерация разрабатывает, периодически (в настоящее время, на основании решений Конференции Сторон РКИК ООН 18/CP.8 и 24/CP.19 – 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. В соответствии со своими обязательствами по статье 7 Киотского протокола, Российская Федерация включает в национальный кадастр дополнительную информацию, необходимую для целей обеспечения соблюдения Протокола.

Согласно решению 24/CP.19 Конференции Сторон РКИК ООН, настоящий кадастр разработан в соответствии с требованиями 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).

В состав кадастра входят Национальный доклад о кадастре (НДК) и таблицы Общего формата данных (ОФД), содержащие полную количественную информацию по выбросам и абсорбции парниковых газов.

1.2 Организация и разработка национального кадастра Российской Федерации

1.2.1 Нормативно-правовые и организационные аспекты

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-р[8] была создана и функционирует российская система оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, 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 Российской Федерацией 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 парниковых газов;
- разработка мероприятий, направленных на ограничение (снижение) антропогенных выбросов из источников и (или) абсорбции поглотителями парниковых газов.

---

[8] *В настоящее время система действует в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 15 мая 2017г. № 930-р*

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. В соответствии с Порядком,[9] федеральные органы исполнительной власти обеспечивают ежегодное представление в Росгидромет необходимых данных и информации.

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.

1.2.2 Планирование, разработка и управление кадастром

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 МГЭИК 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 соответствии с решением третьей Конференции Сторон РКИК ООН и пунктом 2 статьи 5 Киотского протокола, инвентаризация антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов осуществляется на основе рекомендаций и методологий, разработанных МГЭИК. Согласно методологии МГЭИК, исходными данными о деятельности для выполнения оценок выбросов и абсорбции являются материалы национальной или ведомственной статистической отчетности, а также конверсионные коэффициенты для пересчета данных о деятельности в величины эмиссии или поглощения парниковых газов. При отсутствии национальных данных о деятельности и конверсионных коэффициентов, допускается использование рекомендованных МГЭИК (в частности, содержащихся в базе данных МГЭИК) или представленных международными организациями величин (МГЭИК, 2006). В обобщенном виде схема подготовки кадастра в Российской Федерации приведена на рисунке 1.1. Национальная инвентаризация парниковых газов организована по иерархическому принципу и состоит из нескольких уровней структурной организации, согласо-

---

[9] *Зарегистрирован Минюстом России 29 сентября 2006 г., рег. № 8335.*

ванные 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.

Рисунок 1.1 – Организация инвентаризации парниковых газов в Российской Федерации

Рисунок 1.2 – Общая схема оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов

Как показано на рисунках 1.1 и 1.2, подготовка инвентаризации 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 и Киотского протокола 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 используются экспертные оценки.

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, разработанным и утвержденным ИГКЭ (ИГКЭ, 2007).

ИГКЭ осуществляет сбор, хранение, систематизацию и анализ информации по всем видам антропогенных источников и поглотителей парниковых газов, с упором на ключевые источники и поглотители. Информация сохраняется в базах данных на электронных и бумажных носителях. В случае необходимости производится коррекция данных за предыдущий период.

Рабочие таблицы расчетов выбросов и абсорбции парниковых газов, 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 действующх 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.

1.2.3 Обеспечение и контроль качества

Обеспечение и контроль качества национального кадастра парниковых газов Российской Федерации осуществляются на постоянной основе и имеют многоступенчатый характер. Как показано на рисунке 1.2, министерства и ведомства 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, ИГК Э 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.

Процедуры обеспечения и контроля качества национального кадастра парниковых газов Российской Федерации регламентированы внутренним документом ИГКЭ (ИГКЭ, 2007). 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 и перечень мероприятий обеспечения и контроля качества Национального кадастра парниковых газов Российской Федерации приведены на рисунке 1.3.

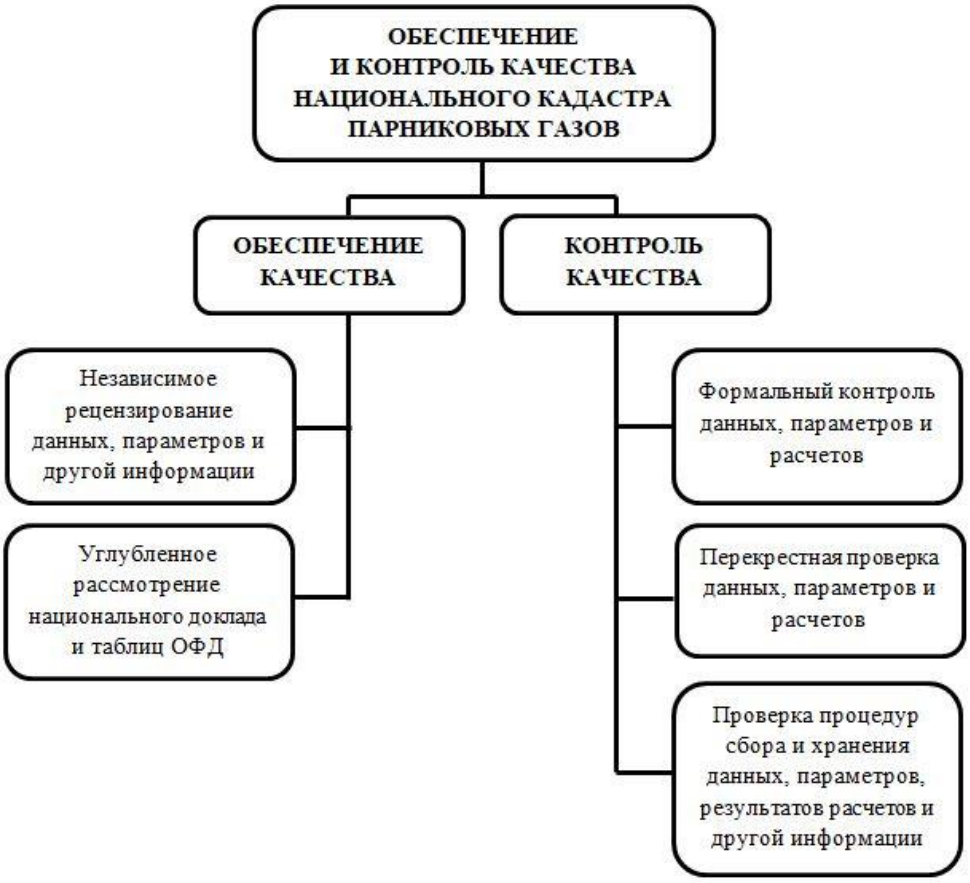

Рисунок 1.3 – Организационная диаграмма обеспечения и контроля качества национального кадастра парниковых газов Российской Федерации

Контроль качества национального кадастра выполняется силами ИГКЭ. Как следует из рисунка 1.3, 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 проверках.

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 (ИГКЭ, 2007). Для ключевых категорий применяется контроль качества по уровню 2 МГЭИК, который включает проверки данных о деятельности, величин выбросов и абсорбции парниковых газов, оценок неопределенности по каждой из ключевых категорий кадастра.

Процедуры обеспечения качества могут включать независимую оценки национального кадастра парниковых газов 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 парниковых газов и знакомых с методологиями МГЭИК. В обеспечении качества кадастра также участвуют организации, министерства и ведомства, представлявшие данные для кадастра. В процессе обеспечения качества учитываются результаты обсуждения опубликованных материалов кадастра специалистами и общественностью. Как показано на рисунке 1.3, мероприятия по обеспечению качества включают:

- рецензирование данных, параметров и другой фактической информации, содержащейся в НДК парниковых газов Российской Федерации (аудит);
- углубленное рассмотрение национального доклада и таблиц общей формы доклада (ОФД).

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 национальном докладе о кадастре 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 парниковых газов.

Углубленное рассмотрение национального доклада и таблиц ОФД – 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 ОФД. Углубленное рассмотрение выполняется путем проверки документации и удостоверения правдоподобности применяемых предположений и процедур, прозрачности и полноты кадастра, а также его соответствия регламентам отчетности 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 парниковых газов 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 газов. Заключения также содержат оценку корректности расчетов и их соответствия требованиям методологии МГЭИК, а также рекомендации по его усовершенствованию. Полученные в ходе процедур обеспечения качества 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 парниковых газов.

В документе (ИГКЭ, 2007) 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 высокими ресурсными затратами, 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, представленного в 2020 г. экспертам, разрабатывающим разделы 3 – 7 и 10 кадастра, было предложено при внесении в НДК неколичественной информации методического характера выполнять сверку вносимой информации с таблицами ОФД.

Элементы плана оценки и контроля качества, обеспечивающие своевременность представления кадастра, представлены в приложении 6 (часть 2 настоящего доклада).

1.2.4 Изменения в организации национального кадастра после представления предыдущего ежегодного кадастра

Сведения о произведенных после представления предыдущего национального кадастра Российской Федерации изменениях в организации и системе подготовки кадастра приведены в разделе 10 настоящего доклада.

1.3 Общее описание методологий и источников данных

Методическую основу оценки выбросов и абсорбции парниковых газоа составляют методологические руководства (доклады) МГЭИК (МГЭИК, 2006; IPCC, 2014a, IPCC, 2014b), дополненные методическими разработками, основанными на отечественном опыте проведения национальных инвентаризаций и материалах научных исследований. Подробная информация о методологиях расчета выбросов и поглощения парниковых газов по отдельным секторам и категориям выбросов и поглощений приведена в разделах 3 – 7 и 10 настоящего доклада.

Основные источники данных и материалов, используемых для разработки кадастра, включая используемые для выполнения оценок выбросов и абсорбции парниковых газов, перечислены в подразделе 1.2.2. Детальная информация, относящаяся к конкретным секторам и категориям источников и поглотителей парниковых газов, также приведена в разделах 3 – 7 и 10.

1.4 Анализ ключевых категорий

В соответствии с требованиями Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006), к ключевым отнесены категории, вносившие наибольший вклад в совокупный выброс парниковых газов в Российской Федерации в последнем году, охватываемом кадастром либо вносившие наибольший вклад в тренд совокупного выброса за весь учитывающийся 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 парниковых газов. Анализ проводится как для совокупного выброса с учетом сектора ЗИЗЛХ, так и для совокупного выброса без учета ЗИЗЛХ. Подробная информация о ключевых категориях содержится в приложении 1 (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 Общая оценка неопределенности

В кадастре парниковых газов выполнена количественная оценка неопределенности выбросов (абсорбции) для всех секторов и категорий, включенных в кадастр, а также для совокуп-

ного выброса парниковых газов с учетом и без учета сектора ЗИЗЛХ (общая неопределенность кадастра). Более подробные сведения содержатся в разделах 3 – 7 и приложении 2 настоящего доклада.

Оценки неопределенности для индивидуальных категорий 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 с учетом и без учета сектора ЗИЗЛХ также производится ежегодно, после окончания выполнения оценок выбросов/абсорбции во всех категориях и расчетов совокупного выброса парниковых газов. Результаты оценки неопределенности, приведенные в настоящем кадастре, будут, так же, как и в предыдущие годы, использованы в процессе планирования разработки следующего ежегодного кадастра.

1.6 Общая оценка полноты

В кадастр включены данные о выбросах и абсорбции всех парниковых газов, указанных в Приложении «А» Киотского протокола – CO_2, CH_4, N_2O, ГФУ, ПФУ, SF_6 и NF_3, а также газов с косвенным парниковым эффектом – NO_X CO и SO_2. 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. Для отдельных видов деятельности оценки выбросов приведены в категориях, отличных от предусмотренных классификацией МГЭИК, что связано со специфическими особенностями используемых для выполнения оценок исходных данных о деятельности.

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

Для пересчета выбросов парниковых газов в эквивалент диоксида углерода (CO_2-экв.) использовались 100-летние потенциалы глобального потепления МГЭИК[10], приведенные в Приложении III к решению 24/CP.19 Конференции Сторон (РКИК ООН, 2014).

Раздел 10 настоящего доклада содержит дополнительную информацию, представление которой в ежегодных кадастрах предусмотрено статьей 7 Киотского протокола к РКИК ООН. 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.

[10] *В соответствии с «Исправлениями к вкладу Рабочей группы I в Четвертый доклад об оценках Межправительственной группы экспертов по изменению климата», табл. 2.14.*

2. ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ 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 отдельным категориям источников и поглотителей парниковых газов, приведено в разделах 3-7 настоящего доклада.

2.1 Тенденции совокупных выбросов парниковых газов

Данные о совокупных антропогенных выбросах в Российской Федерации всех парниковых газов, 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 52,0% с учетом сектора ЗИЗЛХ, и на 35,1% – 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 Российской Федерации, 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».

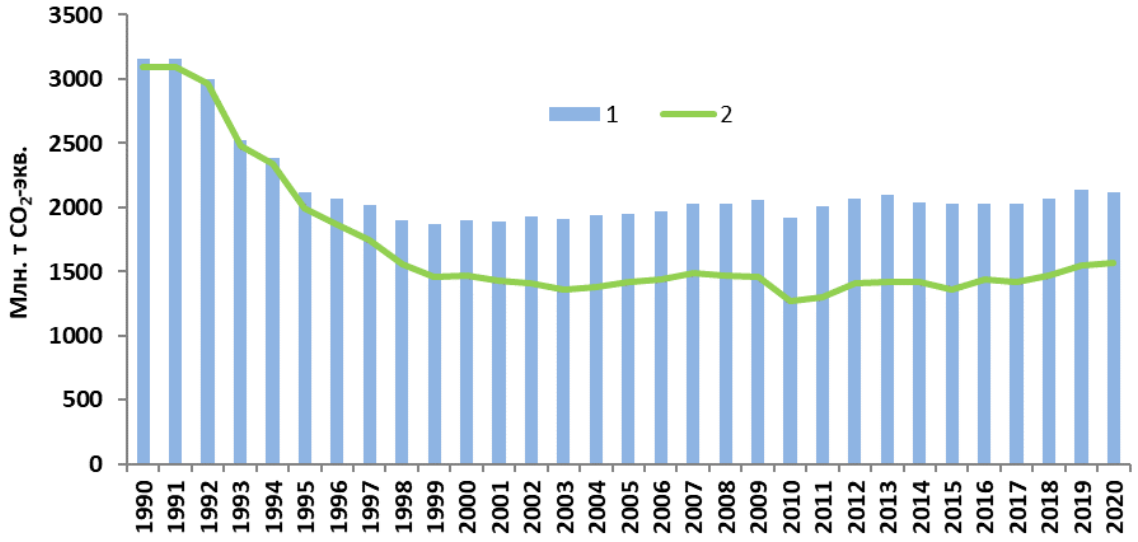

Рисунок 2.1 – Совокупные антропогенные выбросы парниковых газов в Российской Федерации, без учета (1) и с учетом (2) сектора ЗИЗЛХ

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. 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 спада в предшествующие годы. Так, с 1990 г. по 1998 г. величина совокупного выброса (без учета сектора землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) уменьшилась на 1 295,2 млн. т CO_2-экв., а с 2000 г. по 2008 г. она возросла лишь на 161,7 млн. т CO_2-экв.

Таблица 2.1

Тенденции выбросов парниковых газов в Российской Федерации по парниковым газам (млн. т. CO_2-экв.)

Сектор	Год														
	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
CO_2 без учета ЗИЗЛХ	2534,9	1619,0	1478,2	1559,1	1626,2	1679,3	1694,6	1632,7	1631,7	1629,7	1624,8	1654,2	1700,5	1692,4	1624,2
CO_2 с учетом ЗИЗЛХ	2429,6	1379,0	977,6	994,3	872,0	981,7	974,4	969,1	927,8	1001,2	978,2	1011,3	1065,6	1090,9	1019,4
CH_4 без учета ЗИЗЛХ	435,9	331,9	303,3	308,7	295,6	298,2	299,1	295,5	292,3	289,6	289,1	295,2	304,8	307,8	299,2
CH_4 с учетом ЗИЗЛХ	457,0	350,2	322,8	330,0	317,4	320,0	320,8	315,5	314,3	311,5	312,0	319,0	334,9	333,2	321,3
N_2O без учета ЗИЗЛХ	139,3	87,4	73,5	70,9	72,1	76,2	73,5	75,2	76,1	77,7	81,4	82,7	82,1	83,9	86,2
N_2O с учетом ЗИЗЛХ	150,0	102,2	89,6	88,3	84,1	88,5	86,2	87,2	89,9	94,3	96,1	98,3	102,3	101,0	99,6
ГФУ	35,9	15,4	26,6	19,8	13,4	11,3	17,8	21,8	24,9	22,4	23,6	34,4	42,5	36,0	39,1
ПФУ	15,1	13,5	9,9	6,3	3,6	3,3	3,3	3,4	3,1	3,5	3,7	2,7	1,7	1,6	1,7
SF_6	1,4	0,7	1,0	1,6	1,0	0,8	5,5	5,2	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,1	1,0
NF_3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего, без учета ЗИЗЛХ	3162,6	2067,8	1892,4	1966,3	2011,9	2069,0	2093,9	2033,8	2029,1	2024,0	2023,4	2070,2	2132,7	2122,8	2051,4
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	3089,1	1861,0	1427,4	1440,3	1291,5	1405,6	1408,0	1402,2	1361,0	1434,0	1414,5	1466,8	1548,2	1563,8	1482,2
Всего, без учета ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов	3162,6	2067,8	1892,4	1966,3	2011,9	2069,0	2093,9	2033,8	2029,1	2024,0	2023,4	2070,2	2132,7	2122,8	2051,4
Всего, с учетом ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов	3089,1	1861,0	1427,4	1440,3	1291,5	1405,6	1408,0	1402,2	1361,0	1434,0	1414,5	1466,8	1548,2	1563,8	1482,2

Таблица 2.2

Тенденции выбросов парниковых газов в Российской Федерации по секторам (млн. т. CO_2-экв.)

Сектор	Год														
	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Энергетика	2577,1	1669,2	1521,0	1590,2	1639,3	1687,3	1694,5	1625,2	1617,1	1611,3	1606,1	1637,0	1688,7	1682,3	1597,7
Промышленные процессы и использование продукции	285,1	184,0	197,7	208,9	197,8	201,1	217,2	221,4	221,7	219,1	218,0	230,9	240,2	233,6	241,7
Сельское хозяйство	247,5	163,2	118,9	104,9	103,5	106,2	105,2	107,7	107,5	108,6	112,3	113,2	112,8	114,0	116,6
ЗИЗЛХ	-73,6	-206,8	-465,0	-526,0	-720,4	-663,4	-685,9	-631,6	-668,1	-590,0	-609,0	-603,5	-584,5	-559,0	-569,2
Отходы	52,9	51,4	54,9	62,3	71,3	74,5	76,9	79,5	82,8	85,0	87,0	89,1	91,0	92,9	95,4
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	3089,1	1861,0	1427,4	1440,3	1291,5	1405,6	1408,0	1402,2	1361,0	1434,0	1414,5	1466,8	1548,2	1563,8	1482,2

В 2009 году произошло снижение выбросов, вызванное затронувшим Российскую Федерацию мировым экономическим кризисом. В 2010-2012 гг., в период посткризисного восстановления экономики, выбросы вновь увеличивались. За период 2013-2016 гг. совокупный выброс парниковых газов несколько уменьшился (на 70,5 млн. т CO_2-экв. по отношению к 2012 году, без учета сектора ЗИЗЛХ). В 2017-2018 гг. совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ имел тенденцию к росту, увеличившись на 5,2% за два года. 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 воздействием пандемии COVID-19, ВВП Российской Федерации уменьшился на 2,7%; сокращение совокупного выброса без учета сектора ЗИЗЛХ составило 3,4%.

2.2 Тенденции выбросов по секторам

В таблице 2.2 представлены данные о выбросах и абсорбции парниковых газов в Российской Федерации с разбивкой по секторам кадастра[11], а в таблице 2.3 – приращения выбросов парниковых газов 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	-5,0	3,5	2,3	1,8	2,7	-3,4	-5,2
Последний год по отношению к 1990 г.	-38,0	-15,2	-52,9	673,7	80,4	-35,1	-52,0

[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 2020 г. 77,9%. Уменьшился до 5,7% вклад в совокупный выброс сектора «Сельское хозяйство» и несколько возрос, по сравнению с 1990 г., вклад промышленного сектора, составивший в 2020 г. 11,8%. Сектор «Отходы» по-прежнему занимает последнее место по вкладу в совокупный выброс несмотря на то, что его выбросы возросли между 1990 и 2020 гг. в 1,8 раза. Наблюдавшиеся в секторах тенденции (динамика) выбросов определялись, в основном, изменениями объемов приводящей к выбросам экономической деятельности, изменениями использовавшихся технологий и оборудования.

---

[11]*Термины, «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 в Российской Федерации по секторам, %

Год	**Сектор**				**Всего, без учета ЗИЗЛХ**
	Энергетика	**Промышленные процессы и использование продукции**	**Сельское хозяйство**	**Отходы**	
Последний год, представленный в кадастре	77,9	11,8	5,7	4,6	100,0
Базовый год (1990 г.)	81,5	9,0	7,8	1,7	100,0

На протяжении всего периода 1990-2020 гг. в секторе ЗИЗЛХ абсорбция парниковых газов преобладала над выбросами (табл. 2.2). В 1990 г. величина антропогенного нетто-поглощения парниковых газов из атмосферы в этом секторе составляла 73,6 млн. т CO_2-экв. В 2020 г. сектор обеспечивал нетто-поглощение парниковых газов из атмосферы в размере 569,2 млн. т CO_2-экв., компенсируя тем самым 27,7% общего выброса парниковых газов в других секторах. Доминирующим в данном секторе парниковым газом является CO_2. Общая динамика выбросов в секторе ЗИЗЛХ в период 1990-2020 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.

3. Энергетика (СЕКТОР 1 ОФД)

3.1 Обзор по сектору

Согласно пересмотренным Руководящим принципам РКИК ООН[12], в секторе «Энергетика» представляются данные о выбросах парниковых газов CO_2, CH_4, N_2O и предшественников озона NO_x, CO, неметановых летучих органических соединений (НМЛОС или NMVOC) и SO_2 от сжигания топлив (1.A), их утечек и испарения (1.B) и транспорта и хранения CO_2 (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 2020 г. выбросы парниковых газов в секторе Энергетика в эквиваленте CO_2 составили 1,598 млрд. т (1597686,74Гг CO_2-экв.), что на 38,0% ниже уровня 1990 г. В их составе преобладал CO_2 – на него в 2020 г. приходилось 89,6% всех выбросов по сектору. Вклады CH_4 и N_2O составили 10,1% и 0,3% соответственно (табл. 3.1 и 3.2). Выбросы предшественников озона NO_x и CO сократились соответственно на 48,1% и 73,4% от уровня 1990 г., а НМЛОС и SO_2 – на соответственно 28,9% и 7,7% относительно величин 1990 г. (рис. 3.1).

Таблица 3.1

Выбросы парниковых газов от основных категорий источников сектора «Энергетика» (Тг CO_2-экв.)

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1.A Сжигание топлива (1.AA Подход по секторам)														
2291,6	1461,0	1308,0	1351,9	1414,2	1458,2	1466,3	1407,6	1415,7	1420,2	1414,1	1435,0	1471,7	1450,7	1380,9
1.B Утечки и испарение топлив 1.B.1 Твердые топлива														
87,6	58,6	50,5	54,7	55,8	56,8	59,9	58,6	60,2	61,3	60,5	65,1	68,5	68,2	64,0
1.B.2 Нефть и газ														
197,9	149,9	162,6	183,7	169,3	172,3	168,3	159,0	141,2	129,8	131,6	137,0	148,5	163,4	152,8
1.C Транспорт и хранение диоксида углерода														
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Всего														
2577,1	1669,5	1521,1	1590,2	1639,3	1687,3	1694,5	1625,2	1617,1	1611,3	1606,1	1637,0	1688,7	1682,3	1597,7
Использование топлив в международных морских и авиационных перевозках(1)														
17,4	17,2	18,6	24,9	27,3	32,3	40,0	46,7	62,4	54,0	42,0	45,0	47,0	44,9	24,6

(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 CO_2-экв.)

Газ	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO_2	2297,2	1466,0	1321,1	1382,3	1452,0	1499,4	1509,6	1447,6	1444,6	1443,8	1441,5	1468,2	1512,3	1504,5	1431,5
CH_4	266,0	194,9	193,1	200,8	180,9	181,2	179,0	172,2	166,3	161,4	158,9	163,1	170,6	172,1	160,7
N_2O	13,8	8,3	6,8	7,1	6,4	6,6	5,9	5,5	6,2	6,1	5,7	5,7	5,8	5,8	5,5
Всего	2577,1	1669,2	1521,0	1590,2	1639,3	1687,3	1694,5	1625,2	1617,1	1611,3	1606,1	1637,0	1688,7	1682,3	1597,7

[12] *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)*

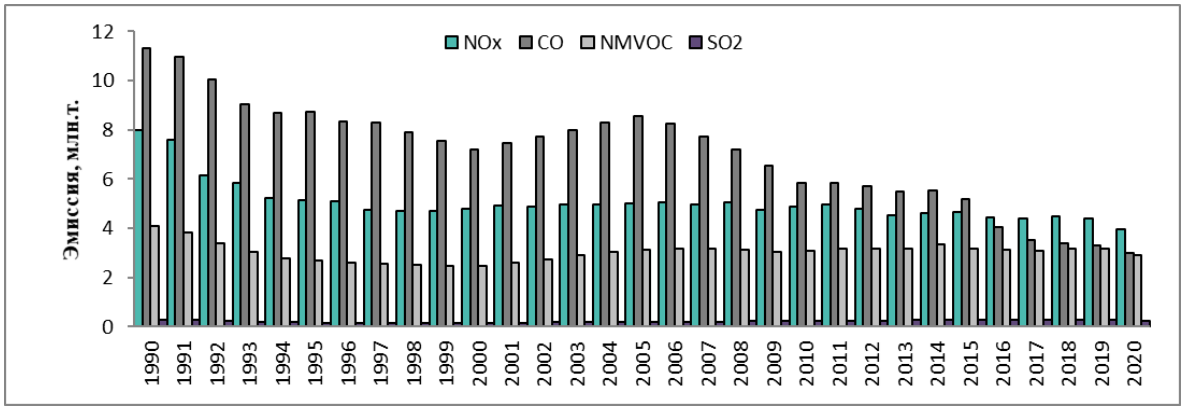

Рисунок 3.1 – Выбросы газов с косвенным парниковым эффектом в секторе «Энергетика»

3.2 Сжигание топлива (1.A)

Расчеты выбросов CO_2 от сжигания топлива проведены для всего временного ряда с 1990 по 2020 год с использованием базового (по основным видам топлива) и секторного (по основным категориям источников) подходов. Расчет выбросов от сжигания топлива для всего временного ряда проводятся с применением Руководящих подходов МГЭИК 2006 (IPCC, 2006). Эмиссия других, кроме CO_2, 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 разделах главы для каждой подкатегории источников.

Суммарные выбросы парниковых газов при сжигании топлива в 2020 году составляли 1380929,41 Гг CO_2-экв., что на 39,7% меньше, чем в 1990 году и на 4,8% меньше, чем в предыдущем году. На долю сжигания топлива в 1990 г. в России приходилось 88,9% общих выбросов в секторе «Энергетика». В 2020 г. эта доля составила 86,4%. В 2020 году 59,37% выбросов от подсектора определяло сжигание топлива в энергетической промышленности. Сжигание топлива на транспорте вносило 15,8% суммарных выбросов парниковых газов от сектора, сжигание топлива в промышленности – 10,93%, а в других отраслях экономики –13,59%.

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 парниковых газов при сжигании топлив являются производство тепло- и электроэнергии, 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).[13]

Оценки выбросов от производства чугуна и стали производились в секторе «Промышленные процессы», поэтому и выбросы от использования кокса в черной металлургии отнесены

---

[13] *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.*

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.А.2а – Черная металлургия.

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

Природный газ, использующийся для производства железа прямого восстановления, исключен из расчетов в секторе Энергетика подкатегории 1.А.2а – 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 1А1а – Черная металлургия в секторе Энергетика и категорией 2С – Металлургия в секторе Промышленное производство и использование продукции. Детальные пояснения к расчетам объемов кокса, природного газа и угля, используемых в неэнергетических целях в металлургии, приведены в разделе 4.4 главы 4.

Объемы твердых коммунальных отходов, рассчитанные в секторе Отходы и сжигаемые с получением энергии, приведены только в информационных целях в таблице А(а)s4 ОФД. Так как твердые бытовые отходы (ТБО) 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. Подробное описание методики расчета приведено в главе Отходы.

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

3.2.1 Сравнение базового и секторного подходов

В 2020 г. общее расхождение между выбросами CO_2 от сжигания топлива, определенными с помощью базового и секторного подходов МГЭИК, составило 83834,71 Гг, или 6,11% общего выброса CO_2 в данной категории. Суммарный выброс, определенный с помощью базового подхода, немного больше рассчитанного, с помощью секторного подхода, хотя для индивидуальных видов топлива расхождение может быть, как положительным, так и отрицательным (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Сравнение выбросов CO_2, полученных на основе базового и секторного подхода

Вид топлива	Базовый подход		Секторный подход		Расхождение, %	
	Кажущееся потребление, ПДж	Выброс CO_2, Гг	Потребление, ПДж	Выброс CO_2, Гг	Потребление	Выброс CO_2
Жидкое	5793,49	406045,80	4465,79	324562,44	***29,73***	***25,11***
Твердое	2519,86	235738,83	3019,09	259896,14	***-16,54***	***-9,29***
Газовое	14945,48	813034,18	13661,83	743203,37	***9,40***	***9,40***
Прочее	2,27	323,96	306,11	43773,18	***-99,26***	***-99,26***
Торф	11,59	1228,20	10,39	1101,14	***11,54***	***11,54***
Всего	***23272,68***	***1456370,97***	***21463,21***	***1372536,26***	***8,43***	***6,11***

В соответствии с Руководящими принципами МГЭИК 2006 года (МГЭИК, 2006), из расчетов по базовому подходу исключен весь углерод, содержащийся в топливе, идущем на неэнергетические цели (сырье, восстановители, нетопливное использование).

В настоящем кадастре перерасчеты потребления топлива в базовом подходе не проводились. При расчете выбросов CO_2 было коэффициенты выбросов углерода на единицу сожженного топлива (С/ТДж) были приведены в соответствие с коэффициентами выбросов CO_2/ТДж используемых в расчетах по секторному подходу. Это привело к незначительному увеличению выбросов CO_2 в расчетах по базовому подходу и как следствие сокращению разницы между расчетами выбросов по базовому и секторному подходу.

Вероятными причинами оставшегося расхождения между оценками выбросов углекислого газа по базовому и секторному подходу являются:

- Наличие потерь топлив на стадии переработки (преобразования) из одних видов топлива в другие (в частности, при переработке первичных (природных) топлив). Базовый подход МГЭИК игнорирует наличие таких потерь, т.е. по умолчанию предполагает потерянное топливо сожженным (использованным). Секторный подход, наоборот, учитывает только действительно использованное топливо. (Согласно методике МГЭИК потери при переработке, происходящие в форме выбросов парниковых газов в атмосферу, оцениваются в подразделе 1В – выбросы от утечек и испарения топлив).
- Принципиальная особенность базового подхода МГЭИК, заключающаяся в оценке выбросов CO_2 на основе расчетного, «кажущегося», потребления топлив, в результате чего для условий России количество потребленного первичного (природного) жидкого топлива оказывается завышенным, а вторичного – заниженным. Учитывая, что к первичным и вторичным топливам применяются различающиеся расчетные параметры (например, содержание углерода) это приводит к дополнительным расхождениям при сравнении с результатами секторного подхода.

При сравнении потрбеления твердого топлива, следует учитывать, что в Секторном подходе проводится оценка выбросов метана и закиси азота от сжигания доменного газа, при этом выбросы CO_2 от этого процесса не учитываеются. Поэтому корректно сравнивать значения потребленного твердого топлива между базовым и секторным подходами без учета доменного газа. В таком случае, разница между потреблением твердого топлива в секторном и базовом подходамх сокращается до 10%. Оставшееся различие объясняется косвенным учетом кокса и коксового газа в базовом подходе. При непосредственном учете вторичных топлив в базовом подходе различие между секторным и базовым подходом сократится до 1,5%, которые объяняются объмами топлива, используемого для преобразования во вторичные топливные ресурсы.

3.2.2 Исключенный углерод и неэнергетическое использование топлив

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 2006 года (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.С.1. «Промышленные процессы, Черная металлургия», поэтому весь кокс, отнесенный в национальной статистике к черной металлургии, исключен из расчетов в категории 1.А.2.а – Черная металлургия, а в секторе 1.А.1 – «Сжигание топлива, базовый подход» рассматривается как исключенный углерод. Весь временной ряд данных по использованию кокса в черной металлургии, производстве и неэнергетическом использовании нефтебитума и смазочных материалов согласован с данными, использующимися при проведении расчетов в секторе 2 ОФД – Промышленные процессы и использование иной продукции (Глава 4). В кадастре этого года

проведен перерасчет неэнергетического использования кокса, связанный с уточнением объема кокса, используемого в черной металлургии. Кроме того, в кадастре этого года к неэнергетическому потреблению отнесен уголь, применяемый в процессе пылеугольного дутья, т.к. начиная с 2012 года, в металлургическом производстве используется пылеугольное дутье, применение которого позволяет сократить расход кокса. Подробно причины и методы перерасчета приведены в главе 4, раздел 4.4.

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 2020 г. доля включенного в инвентаризацию парниковых газов неэнергетического использования топлива от общего количества топлив, используемых в неэнергетических целях согласно ТЭБ, составила 80,3%. В таблице 3.4 приведены данные о количестве топлива, включенного в расчет накопленного углерода в кадастре этого года.

Таблица 3.4

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	6140060,71	4704991,08	76,63
2000	3297378,19	2455812,50	74,48
2010	4238060,46	2717306,04	64,12
2011	4387788,03	2828169,04	64,46
2012	4 351 011,96	2 797 730,03	64,3
2013	4 488 534,92	3 194 309,22	71,2
2014	4 783 585,56	3 475 854,11	72,7
2015	4 867 177,40	3 525 869,13	72,4
2016	4 647 799,19	3 190 853,91	68,7
2017	4 966 711,03	3 487 741,89	70,2
2018	5 199 933,73	3 601 457,65	69,3
2019	5 685 265,21	4 029 456,13	70,9
2020	5 193 264,75	4 168 272,32	80,3

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 топливно-энергетическом балансе.

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

В кадастре этого года проведен перерасчет исключенного углерода. При расчете содержание углерода в топливе, используемом с неэнергетическими целями коэффициенты выбросов углерода на единицу сожженного топлива С/ТДж были приведены в соответствие с коэффициентами выбросов CO_2/ТДж, используемых в расчетах по секторному подходу.

Начиная с кадастра 2020 года в ответ на замечания экспертов по проверке 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 доменном производстве, при производстве железа прямого восстановлении и при производстве агломерата в черной металлургии, а также в химической промышленности в качестве сырья для производства аммиака и метанола. Выбросы CO_2 учитываются в категориях 2.C.1, 2.B.1 и 2.B.8.a. Кроме того, природный газ может быть использован в промышленности в качестве сырья для производства водорода методом конверсии метана (сопровождается выбросами CO_2), ацетилена методом окислительного пиролиза (сопровождается выбросами CO_2) или электрокрекинга метана, для производства хлороформа, ГХФУ-22 и других хладонов (технологические выбросы CO_2 отсутствуют). Выбросы CO_2 от производства водорода в настоящем кадастре не оцениваются из-за отсутствия необходимых данных о производстве для всего временного ряда и используемых технологиях.

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. Нафта используется в качестве сырья пиролиза, выбросы CO_2 от которого учитываются в категории 2.B.8.b (производство этилена). 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.

Сжиженные углеводородные газы используются в промышленности в качестве сырья пиролиза. Выбросы CO_2 от этого использования учитываются в категории 2.B.8.b (производство этилена). 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.

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

3.2.3 Базовый подход (по видам топлива) – 1.AB

3.2.3.1 Описание категории

В соответствии с Руководящими принципами МГЭИК 2006 года, 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 Российской Федерации.

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 года 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 2020 г. выбросы CO_2 от сжигания топлива, рассчитанные с использованием базового подхода по видам топлива, составили 1456370,97 Гг, что на 38,4% меньше, чем в 1990 году. По сравнению с предыдущим годов выбросы, оцененный по базовому подходу уменьшились на 2,9%. Временной ряд выбросов диоксида углерода при сжигании основных видов топлива приведен в таблице 3.5.

Исходные данные

Для расчетной оценки выбросов CO_2 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 CO_2 при переработке первичных видов топлив.

Таблица 3.5

Выброс CO_2 при сжигании топлива по видам, Гт

	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Всего, в том числе	2,36	1,51	1,39	1,36	1,38	1,47	1,50	1,41	1,42	1,49	1,47	1,49	1,54	1,50	1,46
Жидкое топливо	0,93	0,41	0,34	0,33	0,30	0,35	0,38	0,34	0,38	0,46	0,44	0,46	0,42	0,40	0,41
Твердое топливо	0,64	0,42	0,37	0,30	0,29	0,31	0,32	0,28	0,27	0,29	0,28	0,25	0,27	0,26	0,24
Газ	0,79	0,67	0,68	0,73	0,79	0,81	0,80	0,78	0,77	0,73	0,75	0,78	0,85	0,84	0,81
Торф	0,007	0,004	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

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, предоставленные Росстатом. Краткий расчетный баланс энергоресурсов Российской Федерации за 2020 г. приведен в Приложении 4. Временной тренд потребления топлива в России приведен в таблице 3.6.

В таблице ОФД 1.A(b) данные о потребление 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 E.9 отчета о рассмотрении кадастра 2018 года). Исходные данные в физических единицах (т, $м^3$) не могут быть представлены в таблицах ОФД в связи с тем, что эта информация является конфиденциальной и не публикуется в открытых источниках.

Таблица 3.6

Динамика потребления топлива в России в % к 1990г.

	1995	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Всего, в том числе	63,01	60,00	61,08	63,02	67,06	67,81	65,48	66,84	68,60	67,30	69,26	71,92	71,53	70,33
Жидкое топливо	43,96	37,89	37,39	34,56	40,45	43,23	42,42	46,62	54,49	52,30	54,61	51,04	48,90	49,52
Твердое топливо	65,78	60,25	50,09	48,20	50,75	52,60	47,93	46,42	49,02	47,41	43,90	45,88	44,99	41,49
Газ	77,01	77,59	85,05	92,56	95,79	94,42	91,94	92,32	88,83	88,38	92,53	100,48	101,70	100,06
Торф	49,65	42,93	21,76	18,65	25,04	20,33	26,63	20,11	16,92	20,94	15,80	22,53	24,46	17,09

Динамика выбросов углекислого газа

Динамика выбросов углекислого газа от сжигания топлив в Российской Федерации определялась в основном изменением компонентного состава топливного баланса и объемов их потребления (рис. 3.2, табл. 3.7). В период с 1990 по 1998 гг. в стране наблюдалось значительное снижение выбросов CO_2, выбросы 1998 года составили 58,2% от выбросов 1990 года. После 1998 года наметилась их стабилизация. Относительный спад выбросов парниковых газов отмечался в 2009-2010 году, что может быть результатом кризиса 2008 года, однако уже в 2011 году выбросы CO_2 снова стали увеличиваться. В последние годы наблюдается относительная стабилизация объемов выбросов. Оцененная с применением базового подхода эмиссия CO_2 в 2020 году уменьшилась по сравнению с предыдущим годом на 2,9%.

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. 3.7, рис. 3.3). В последнем отчетном году по сравнению с 1990 г. на 22,6% выросла доля выбросов диоксида углерода от сжигания природного газа, а доли выбросов, обусловленные сжиганием жидких и твердых топлив, сократились на 11,3 и 11% соответсвенно. После относительного снижения потребления природного газа в 2015-2016 годах (на 4,8% по отношению к 2014 году), в 2017 году 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 уменьшился и составлил 100,06% по отношению к 1990 году. Потребление жидкого топлива увеличилось по сравнению с предыдущим годом (на 1,3%), а потребление твердого топлив уменьшилось на 7,8%.

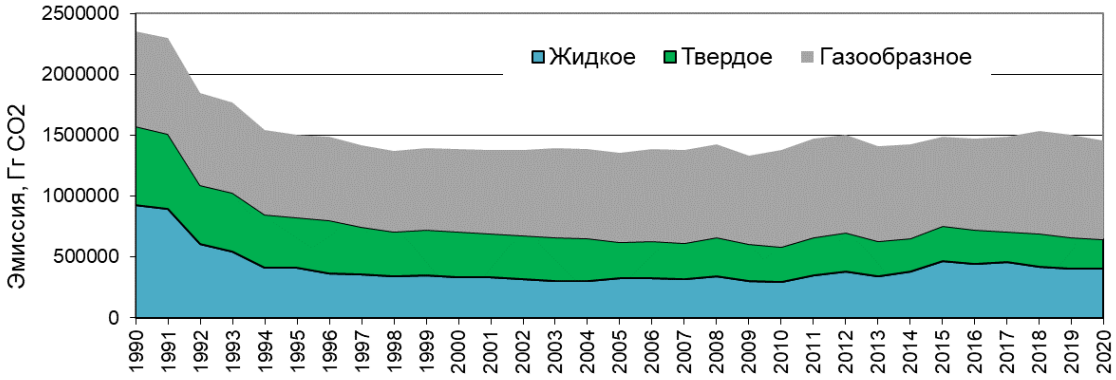

Рисунок 3.2 – Тренды выбросов углекислого газа от сжигания различных видов топлива, Гг

Таблица 3.7

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

Год	Всего	Жидкое топливо	Твердое топливо	Газ	Торф
1995	63,74	44,15	65,15	85,84	49,65
2000	57,89	34,11	58,16	85,88	42,93
2005	56,77	33,55	46,03	93,25	21,76
2010	58,25	32,06	44,78	100,53	16,81
2011	62,39	37,91	47,83	103,54	21,02
2012	63,57	40,87	49,45	102,30	18,74
2013	59,55	36,96	44,27	99,10	18,41
2014	60,25	41,10	42,13	98,01	18,83
2015	62,95	49,89	45,00	93,46	15,06
2016	62,21	47,76	43,13	95,25	16,80
2017	63,05	49,27	39,23	99,19	13,96
2018	65,03	45,35	41,67	107,79	16,42
2019	63,47	43,16	41,01	106,23	18,18
2020	61,63	43,77	36,73	103,41	17,09

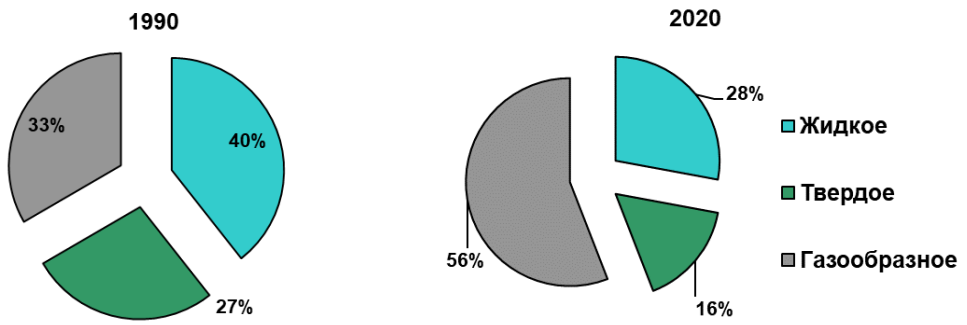

Рисунок 3.3 – Вклад различных видов топлив в суммарный выброс CO_2 от сжигания топлива

3.2.3.2 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 3.1 (МГЭИК, 2006):

$$\textit{Фактическое потребление} = \textit{Производство} + \textit{Импорт} - \textit{Экспорт} - \textit{Международный бункер} - \textit{Изменение запасов} \quad (3.1)$$

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 3.2.5.

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 парниковых газов в субъектах Российской Федерации (Методологические положения, 1999; Методические рекомендации, 2015). Итоговые коэффициенты для всех видов топлива, включенных в расчеты, приведены в таблице 3.8, 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 3.9. Перевод физических единиц в энергетические производится по формуле 3.2:

$$ADi\ (\textit{ТДж}) = ADi\ (\textit{ед}) \bullet Ci\ (\textit{ТДж/ед}), \quad (3.2)$$

где: ADi (ТДж) – потребление топливно-энергетического ресурса в ТДж;
ADi (ед) – потребление топливно-энергетического ресурса в физических единицах;
Ci (*ТДж/ед*) – коэффициент пересчета (таблица 3.8).

В кадастре этого года в соответствие с рекомендацией группы экспертов по углубленной проверке кадастра в таблицах ОФД все данные о потребление 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 2006 года, 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 2006 года (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 3.8. 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 3.4); Uvarova et al., 2015). Разработанный

в российском кадастре национальный коэффициент выбросов CO_2 от сжигания природного газа включен в базу коэффициентов МГЭИК и рекомендован для расчета выбросов при операциях с российским природным газом.

Таблица 3.8

Расчетные коэффициенты перевода в энергетические единицы и коэффициенты выбросов диоксида углерода ($тCO_2$/ТДж)

Наименование типа топливных ресурсов	**Единица измерения**	**Коэффициент перевода натуральных единиц в энергетические**		**Учтенная доля неокисленного углерода**	**Коэффициент выброса CO_2**
		тыс. т.у.т./ ед.	**ТДж/ед.**		
Нефть, включая промысловый газоконденсат	тыс. т.	1,430	41,91(н)	0	73,3
Автомобильный бензин	тыс. т.	1,490	43,67(н)	0	69,3
Авиационный бензин	тыс. т.	1,490	43,67(н)	0	70,0
Авиационный керосин	тыс. т.	1,470	43,08(н)	0	71,5
Другие виды керосина	тыс. т.	1,470	43,08(н)	0	71,9
Дизельное топливо	тыс. т.	1,450	42,50(н)	0	74,1
Мазут топочный	тыс. т.	1,370	40,15(н)	0	77,4
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)
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 хакасский	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)

Продолжение таблицы 3.8

Наименование типа топливных ресурсов	Единица измерения	Коэффициент перевода натуральных единиц в энергетические		Учтенная доля неокисленного углерода	Коэффициент выброса CO_2
		тыс. т.у.т./ ед.	ТДж/ед.		
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	0,911	26,70	0	98,3
Коксующийся уголь[1)]	тыс. т	0,962	28,20	0	94,6
Каменный уголь[1)] (Другие виды битуминозного угля)	тыс. т	0,768	22,51	0	94,6
Бурый уголь/Лигнит[1)]	тыс. т	0,467	13,69	0	101,0
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
Промышленные 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, и может изменяться от года к году, поэтому в кадастре применяются средние взвешенные значения этих параметров, рассчитанные для каждого года на основе данных Росстата.

(н) – указывает на национальные коэффициенты.

Таблица 3.9

Национальные значения калорийного эквивалента – CF (т.у.т./т) и коэффициента выброса CO_2 для стационарного сжигания угля – EF (кг CO_2/ТДж)

Год	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CF (т.у.т./т)	NA[1)]	21,19	20,05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
EF (кг CO_2/ТДж)	93800	93700	93650	93500	94000	94200	93700	94100	94150	94150	94200	94200	94200	94200

[1)] Средний калорийный коэффициент применялся только для периода 1992-2004 года, когда исходные данные о потреблении углей были приведены в натуральных единицах (тоннах). Для остальных лет исходные данные приведены в тоннах угольного эквивалента.

Национальный коэффициент выбросов CO_2 при сжигании угля разработан с учетом того, что угли разных марок и видов отличаются друг от друга по характеристикам и особенностям

добычи. В российской статистике исходные данные о потреблении угля по видам деятельности, доступны в целом для каменных углей и для бурого угля, с разделением углей по бассейнам и месторождениям. Поэтому начиная с кадастра 2015 рассчитывается единый национальный коэффициент выбросов CO_2 при сжигании каменных углей (включая антрацит и коксующийся уголь).

Коэффициенты выброса CO_2 при сжигании каменного угля в таблице 3.9 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). Значения коэффициентов эмиссии CO_2 при сжигании углей различных месторождений приняты по оценке РАО «ЕЭС России» (РАО «ЕЭС России», 1999). 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 МГЭИК в ходе выездных проверок в 2007, 2009 и 2010 гг. и при централизованных проверках в 2008, 2011-2015 гг. По рекомендации группы экспертов по проверке, в кадастр этого года повторно включено краткое описание исследований, проводимых РАО «ЕЭС России» по оценке содержания углерода в углях различных бассейнов.

Для оценки эмиссии CO_2 при сжигании углей в энергетике страны использовались национальные коэффициенты эмиссии, рассчитанные крупнейшей энергетической компанией России – РАО «ЕЭС России» на основе данных о физико-химических свойствах российских топлив и технологиях сжигания, используемых на российский ТЭС (РАО «ЕЭС России», 1999). Такой подход отвечает требованиям уровня 2 Руководящих принципов МГЭИК. Оценка национальных коэффициентов эмиссии была проведена РАО «ЕЭС России» для топлив, составляющих в структуре топливного баланса тепловых электростанций Российской Федерации более 1%. Коэффициенты эмиссии при сжигании углей определены отдельно для каждого из бассейнов. Однако статистические данные о потреблении углей по секторам промышленности имеются только в целом для каменных углей и для бурого угля. Статистические данные отдельно для антрацита, коксового угля и каменного угля доступны только по добыче. Доля перечисленных углей в добыче используется для разделения общего количества каменного угля, потребляемого в секторах промышленности, на антрацит, коксовый уголь и каменный уголь. Поэтому, для расчета выбросов CO_2 при сжигании угля в энергетической промышленности используется среднее значение коэффициента эмиссии, определенное РАО «ЕЭС России» для всех типов углей. По оценке РАО «ЕЭС России» определены значения коэффициентов эмиссии для основных видов топлива.

Потери на неокисленный углерод при сжигании угля достаточно существенны и не могут быть приняты равными нулю. Поэтому, в приведенных в таблице 3.8, коэффициентах выбросов по типам углей уже включена доля неокисленного углерода, характерная для условий и технологий сжигания, применяемых в России. Значения доли неокисленного углерода уже включенные в расчет национального коэффициента выброса для углей различных угольных бассейнов приведен в таблице 3.8. 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 CO_2/т.у.т.). Расчет средневзвешенного коэффициента для каждого года проводился по формуле 3.3:

$$\mathrm{EF}_{\mathrm{CO_2}} = \frac{\sum(\mathrm{AD}_{\text{месторожд.}} \cdot \mathrm{CF}_{\text{месторожд.}} \cdot \mathrm{EF}_{\text{месторожд.}})}{\sum(\mathrm{AD}_{\text{месторожд.}} \cdot \mathrm{CF}_{\text{месторожд.}})} \cdot 10^6/29{,}3076 \qquad (3.3)$$

где: $\mathrm{EF}_{\mathrm{CO_2}}$ – средневзвешенное значение коэффициента выброса CO_2 при сжигании угля, кг CO_2/ТДж;

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

$CF_{месторожд.}$ – средний калорийный эквивалент для пересчета одной натуральной тонны угля в условное топливо (т.у.т/т) (таблица 3.8);
$EF_{CO_2\ месторождение}$ – коэффициенты выбросов CO_2 в углях различных угледобывающих бассейнов (тCO_2/т.у.т.);
10^6 – переводный множитель т CO_2/т.у.т. на кг CO_2/тыс. т.у.т.;
29,3076 – переводный множитель тыс. т.у.т. в ТДж.

Средневзвешенный коэффициент выбросов CO_2 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 (табл. 3.8). Полученный в результате проведенных расчетов временной тренд коэффициента выбросов CO_2 и значения теплотворной способности углей приведены в таблице 3.9.

3.2.3.3 Обеспечение и контроль качества и верификация оценок 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 2006 года (МГЭИК, 2006).

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.

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

Пересчеты и усовершенствования не проводились.

3.2.3.5 Планируемые усовершенствования

Проведение усовершенствований в расчетах по базовому подходу не планируется.

3.2.4 Секторный подход (по категориям источников) – 1.AA

При расчетах с использованием секторного подхода определялись выбросы CO_2, других парниковых газов- CH_4, N_2O, а также газов с косвенным парниковым эффектом – NO_x, CO, неметановых углеводородов на основе статистических данных о сжигании топлива по секторам экономики (МГЭИК, 2006). Инвентаризация выбросов парниковых газов, включает оценку выбросов от энергетической промышленности при переработке топлива и производстве энергии (1.A.1), промышленного производства и строительства (1.A.2), транспорта

(1.A.3), других отраслей экономики (1.A.4), в том числе: коммерческое использование (1.A.4.a), использование в жилом секторе (1.A.4.b), сельское хозяйство, рыболовство и лесоводство (1.A.4.c), других видов сжигания топлива (1.A.5). Суммарная эмиссия парниковых газов от сжигания топлива от всех категорий источников в последний отчетный год составила 1380929,41 Гг, CO_2-экв. что на 39,7% меньше, чем в 1990 году, и на 4,8% меньше, чем в предудущем году. Вклад отдельных подкатегорий в эмиссию парниковых газов показан на рисунке 3.4.

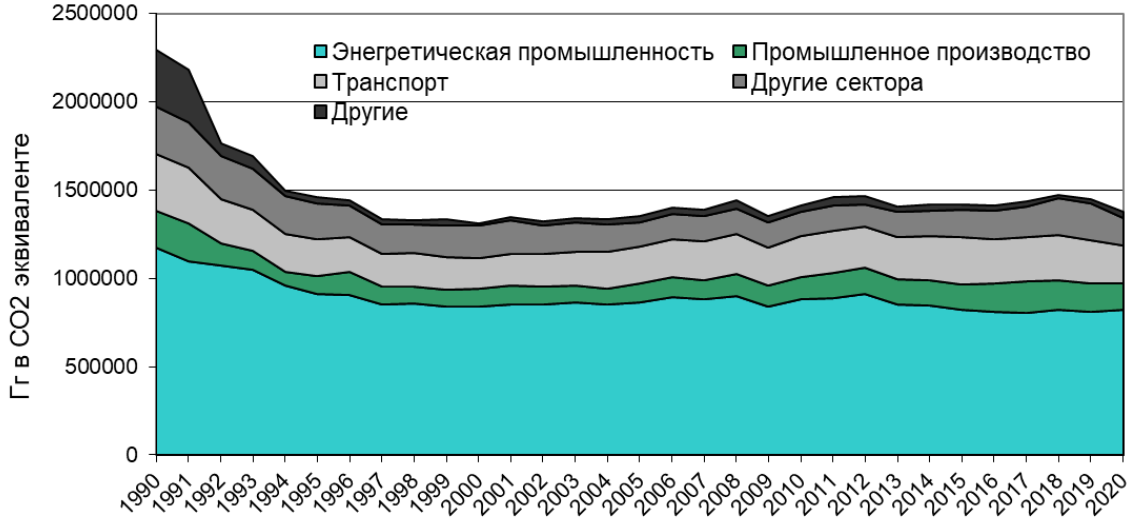

Рисунок 3.4 – Выбросы парниковых газов при сжигании топлива по категориям источников (Гг CO_2 – экв.)

Для проведения инвентаризации в категории 1.A Сжигание топлива использованы в основном рекомендуемые МГЭИК параметры (коэффициенты эмиссии, доли окисленного углерода и др.), кроме национальных параметров, приведенных в таблице 3.8 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 3.2. Национальные коэффициенты эмиссии, аналогичные используемым в расчете по базовому подходу, применены к углям и природному газу.

Выбросы CO_2, относящиеся к использованию доменного газа, учтены в секторе 2.C.1 – Промышленные процессы – Черная металлургия. Поэтому для того, чтобы избежать двойного учета, доменный газ исключен из расчетов в секторе 1.A. – Сжигание топлива. По рекомендации группы экспертов по проверке кадастра, доменный газ включен в расчеты для определения выбросов CH_4 и N_2O.

Для исключения двойного учета с сектором Промышленные процессы из расчетов в секторном подходе исключен природного газа, идущий на производство железа прямого восстановления. 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. Кроме того, для исключения двойного счета в настоящем кадастре из расчетов в секторе Энергетика за весь временной ряд исключен так же природный газ, используемый в доменном производстве, при производстве стали и при производстве агломератов. Подробнее методика расчета объемов природного газа, исключенного из расчетов в секторе Энергетика, описана в разделе 4.4 – Металлургия (2c).

Временной ряд суммарных выбросов парниковых газов в эквиваленте CO_2 при сжигании топлива с указанием выбросов по основным категориям источников представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10

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

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Всего	2,29	1,46	1,31	1,35	1,41	1,46	1,47	1,41	1,42	1,42	1,42	1,44	1,47	1,45	1,38
Энергетическая промышленность	1,17	0,91	0,84	0,86	0,88	0,89	0,91	0,85	0,85	0,82	0,81	0,81	0,83	0,81	0,82
Промышленное производство	0,21	0,11	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,14	0,14	0,15	0,17	0,18	0,17	0,16	0,15
Транспорт	0,32	0,21	0,17	0,21	0,23	0,24	0,23	0,24	0,25	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,22
Другие сектора	0,27	0,20	0,18	0,14	0,14	0,15	0,12	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,21	0,20	0,15
Другие	0,32	0,04	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04

3.2.4.1 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 парниковых газов от категории «Энергетическая промышленность» (1.A.1) в 2020 году составила 819801,72 Гг CO_2-экв., из них 99,4% приходится на выбросы CO_2. Выбросы от сжигания топлива для энергетических целей составляют 59,37% 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 3.5.

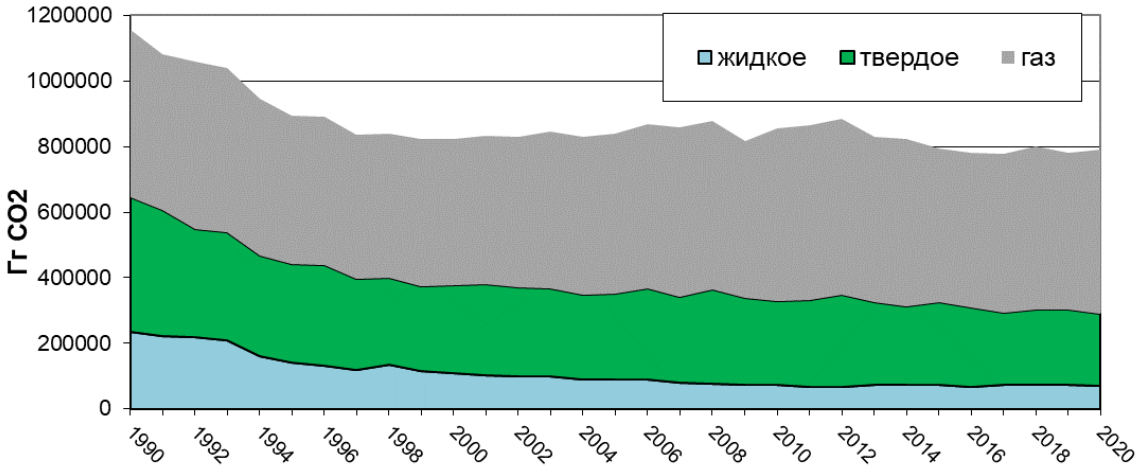

Рисунок 3.5 – Выбросы CO_2 при сжигании топлива в энергетической промышленность, Гг CO_2

Методологические вопросы

В соответствие 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 инфор-

мации 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, 20016). Средние доли жидких, твердых и газообразных топлив, сжигаемых в подкатегориях 1.A.1a, 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 парниковых газов для каждой подкатегории источников рассчитаны на основании полученных значений потребления твердого, жидкого и газообразного топлив с использованием вмененных коэффициентов эмиссии (IEF) для CO_2, N_2O и CH_4, 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 топливно-энергетическом балансе к категории «Нефтепереработка и производство кокса», для всего временного ряда были перенесены в категорию 1.A.1.c.i – Производство твердых топлив.

Основной вклад (87,7%) в выбросы диоксида углерода в категории «Энергетическая промышленность» (1.A.1) вносит сжигание топлива при производстве тепло– и электроэнергии (рис. 3.6). Подкатегория 1.b. – «Сжигание топлива при перегонке нефти» вносит 6,9% в выбросы CO_2, подкатегоия «Сжигание топлива при добыче и другие энергетические отрасли» - 5,2%, 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 CO_2 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 CO_2 не только для предприятий электроэнергетики, но и для всего потребления улей в качестве топлива в России (табл. 3.9). 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.

Для оценки выбросов CO_2 при сжигании других топлив (кроме природного газа), а также для оценки выбросов других парниковых газов использовались коэффициенты эмиссии, рекомендованные МГЭИК (МГЭИК, 2006).

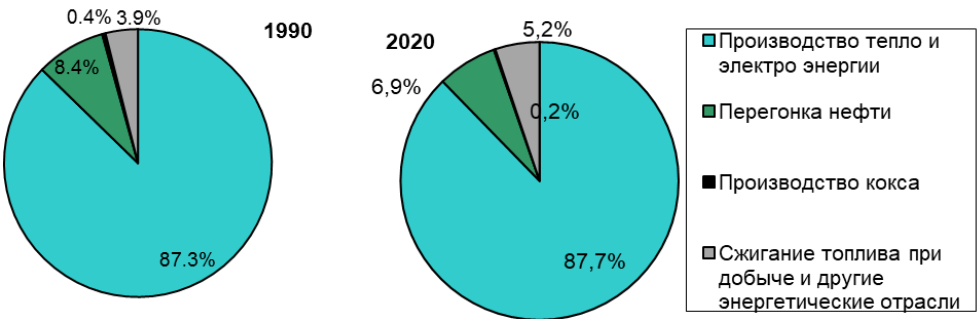

Рисунок 3.6 – Вклад подкатегорий 1.A.1.a, 1.A.1.b, 1.A.1.c в выбросы CO_2 при сжигании топлива в энергетической промышленности

Исходные данные

Временной тренд сжигания топлива при добыче, переработке топлив и производстве энергии в России приведен в таблице 3.11.

Таблица 3.11

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

	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Всего	79,0	74,0	76,9	79,5	80,3	81,9	77,2	77,1	73,7	72,8	72,7	74,4	72,6	74,1
Жидкое топливо	60,1	47,7	40,3	33,1	31,2	31,2	35,2	35,2	35,8	32,4	32,3	31,5	31,4	31,1
Твердое топливо	72,6	64,5	63,3	62,4	64,2	68,2	61,8	58,5	60,9	58,9	53,5	56,2	56,4	53,1
Газ	88,6	87,3	95,6	103,1	104,5	105,4	98,7	99,9	92,2	92,6	94,7	97,4	93,6	98,0
Другие топлива	132,4	188,7	226,8	261,8	255,6	273,1	245,3	276,2	278,4	305,3	331,7	264,4	315,6	327,2
Торф	46,6	51,1	30,5	21,3	29,7	24,6	24,6	25,4	21,0	22,0	18,8	23,1	26,9	23,9

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. В 2020 г. потребление газа составило 98,0% по отношению к 1990 г. и выросло на 4,4% по отношению к предыдущему году. При этом потребление жидкого и твердого топлива в 2020 г. сократилось по отношению к 1990 г., соответственно, на 68,9% и 46,9%. По сравнению с предыдущим годом общее потребления топлива в энергетической промышленности выросло на 1,5%.

В соответствии с рекомендацией группы экспертов РКИК ООН, в таблице 3.12 приводятся детализированные по видам объемы потребления топлива в подкатегории «Энергетическая промышленность» (1.A.1).

Таблица 3.12

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

Виды топлива	1A1a	1A1b	1A1ci	1A1cii
Нефть	19773,08	0,00	0,00	1416,55
Дизельное топливо	49567,36	1219,64	0,00	112036,51
Мазут	160135,88	30157,73	0,00	694,62
Сжиженный газ	1072,10	9188,78	0,00	110,43
Газ нефтеперерабатывающий, сухой				
Антрацит	83173,26	0,00	417,93	0,00
Коксующийся уголь	358437,15	0,00	1801,08	0,00

Продолжение таблицы 3.12

Виды топлива	1A1a	1A1b	1A1ci	1A1cii
Каменный уголь	841634,20	0,00	4229,07	0,00
Бурый уголь	911042,81	0,00	121,78	0,00
Торф	10375,12	0,00	0,00	0,00
Угольные брикеты	77,37	0,00	0,00	0,00
Кокс металлургический сухой	20,31	0,00	0,00	0,00
Газ горючий искусственный коксовый	70680,26	34441,38	26,73	0,00
Природный газ	8434361,533	155752,33	0,00	606129,29
Промышленные отходы	146048,56	40230,54	0,00	35,17
Всего[1)]	**11145972,56**	**775460,10**	**0,00**	**727965,80**
Биомасса	21901,58	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.

3.2.4.2 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 150955,78 Гг CO_2-экв., из них 99,58% приходится на выбросы CO_2. Выбросы от сжигания топлива в промышленности составили 10,93% выбросов диоксида углерода от всего сжигания топлива. Временной тренд выбросов от сжигания топлива в промышленности приведен на рисунке 3.7.

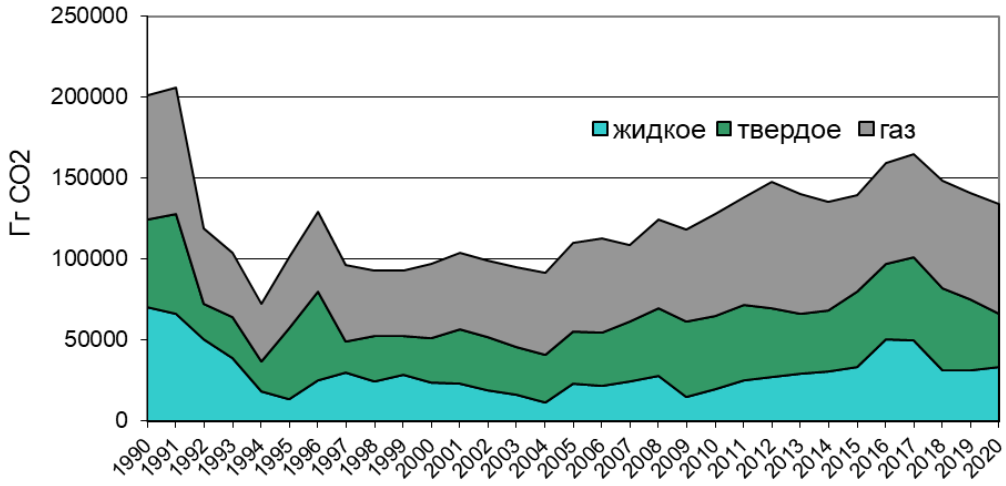

Рисунок 3.7 – Выбросы CO_2 при сжигании топлива в промышленности, Гг.

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.A.2 «Промышленное производство и строительство» (рис. 3.8). Однако, 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 ОФД в соответствии с рекомендациями группы проверки кадастра.

По рекомендации экспертов выбросы от категории Производство неметаллических продуктов (1.A.2.f) выделены из категории Другие сектора промышленности (1.A.2.g) 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 2020 г. сократился до 27%. Вклад химического производства сократился на 4%, пищевой промышленности – на 3%. Вклад других видов промышленности, включая текстильное производство, производство кожи, резиновых, пластмассовых и других неметаллических изделий, машиностроение, производство транспортных средств и строительство, в 2020 году оказался на 3% меньше, чем в 1990 году. Вклад производства неметаллических изделий (выделенный начиная с 2008 года) в суммарный выброс от промышленного производства в 2020 г. составил 17%.

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, рассчитанные с учетом особенностей физико-химического состава топлив, добываемых и используемых в России. Значения национальных параметров, используемых в настоящем кадастре, приведены в таблице 3.8.

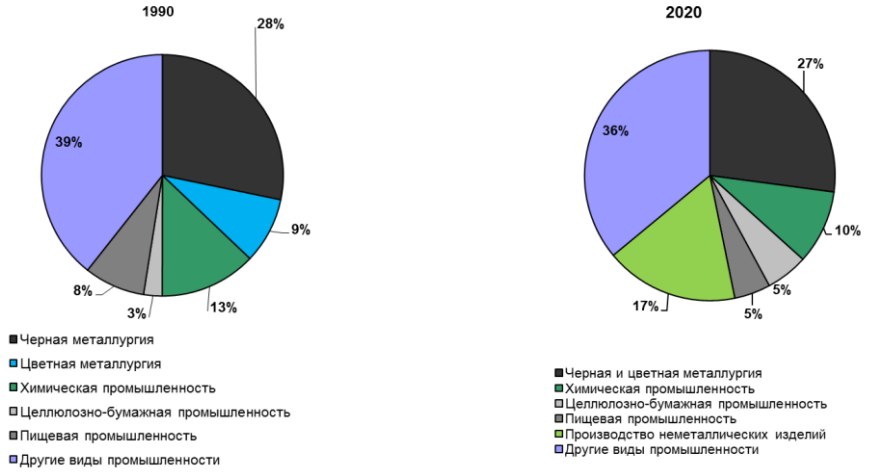

Рисунок 3.8 – Вклад различных промышленных производств в суммарный выброс CO_2 в категории «Промышленное производство и строительство» (1.A.2) в базовом году и последнем году, представленном в кадастре

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» (1А2) из категории «Энергетическая промышленность» (1А1). 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 ОФД, помещены в подкатегорию другие промышленные производства (1.А.2.g), В дальнейшем планируется перенести выбросы от производителей тепла и электроэнергии для собственных нужд на промышленных предприятиях в категорию «Промышленное производство» (1А2) 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.С.1). Для того, чтобы избежать двойного учета весь кокс, отнесенный в национальной статистике к черной металлургии, в кадастре в категории 1.А.2.а 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 (2с).

Для исключения двойного учета, из расчетов в категории Черная металлургия (1.А.2.а) 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.С.1.с). 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. Кроме того, для исключения двойного счета в настоящем кадастре из расчетов в секторе Энергетика 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 3.13 приведено изменение объемов сжигаемого топлива в промышленности в процентах к 1990 году. Сжигание природного газа на промышленных производствах в последний отчетный год составляет 87,8% от уровня 1990 года. Использование твердого топлива для энергетических целей на промышленных предприятиях в 2020 г. сократился по сравнению с предыдущим годом и составляет 60,4% от уровня 1990 года, а жидкого – 48,1%. По сравнению с прошлым годом уменьшилось потребление твердого топлива, при этом потребление жидкого топлива увеличилось.

Таблица 3.13

Сжигание топлива в промышленности в % к 1990г.

	1995	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Всего	54,7	67,0	73,9	75,0	79,5	74,1	71,2	67,9	68,5	76,4	79,6	74,0	71,9	70,0
Жидкое топливо	18,3	34,0	33,4	28,4	36,5	39,1	41,6	43,8	47,6	72,1	70,6	44,4	44,7	48,1
Твердое топливо	86,7	110,8	118,7	113,8	114,7	71,5	67,3	67,6	78,0	77,2	81,6	79,5	72,5	60,4
Газ	57,7	60,1	72,1	81,4	86,7	102,6	96,7	87,2	77,2	81,0	83,7	86,3	85,5	87,8
Другие топлива	35,4	20,4	15,4	7,5	7,4	7,6	12,0	4,3	4,6	4,7	4,5	5,2	4,4	4,5

Торф	550,0	75,0	201,5	2527,9	589,9	438,6	317,9	317,9	334,9	370,6	676,6	858,5	0,0	22,1

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 3.14 приведены данные о потреблении топлива в подкатегории Промышленное производство (1.А.2).

Таблица 3.14

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

	1A2a	**1A2c**	**1A2d**	**1A2e**	**1A2f**	**1A2g**
Нефть	498,73	0,00	0,00	25,15	0,00	4304,14
Дизельное топливо	26555,76	5528,73	14457,15	22578,14	11932,88	236112,14
Мазут	12270,27	766,89	5701,50	7319,60	582,20	15088,90
Сжиженный газ	515,34	727,00	165,65	1532,23	694,80	3441,77
Газ нефтеперерабатывающий, сухой						
Антрацит	2599,14	604,66	3,63	182,66	1537,74	4426,35
Коксующийся уголь	11201,04	2605,81	15,66	787,19	6626,94	19075,47
Каменный уголь	26300,79	6118,62	36,76	1848,38	15560,49	44790,46
Бурый уголь	5622,14	553,43	1,54	201,95	279,03	15479,00
Торф	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,95
Угольные брикеты	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,52
Кокс металлургический сухой	103922,49	145,07	0,00	2,90	2654,83	1984,59
Газ горючий искусственный коксовый	88765,45	26110,43	0,00	0,00	978,93	5977,17
Природный газ	185512,61	97735,84	29836,86	54113,55	401901,36	469353,90
Промышленные отходы	57894,23	3768,96	35251,18	10064,23	3080,23	5064,35
Всего[1)]	**521904,18**	**225106,02**	**85505,10**	**98825,96**	**445852,87**	**827254,16**
Биомасса	18,71	42,10	1724,44	198,79	8,58	909,77

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

3.2.4.3 Транспорт (1.А.3)

3.2.4.3.1 – 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 парниковых газов от сектора «Транспорт» в 2020 г. составил 217788,77 Гг CO_2-экв. (из них 98,8% приходится на выбросы CO_2). Эмиссия диоксида углерода при сжигании топлива транспортом определяет 15,8 % суммарных выбросов при сжигании топлива. Изменение выбросов CO_2 от транспортного сектора за период с 1990 по 2020 гг. и относительный вклад жидкого и газообразного топлива представлен на рисунке 3.9.

В соответсвии 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 под-категории суммарные выбросы от авиации, дорожного транспорта, водного и железнодорожного транспорта составили в 2020 году составили 163267,73 Гг CO_2-экв. или 11,8 % суммарных выбросов при сжигании топлива.

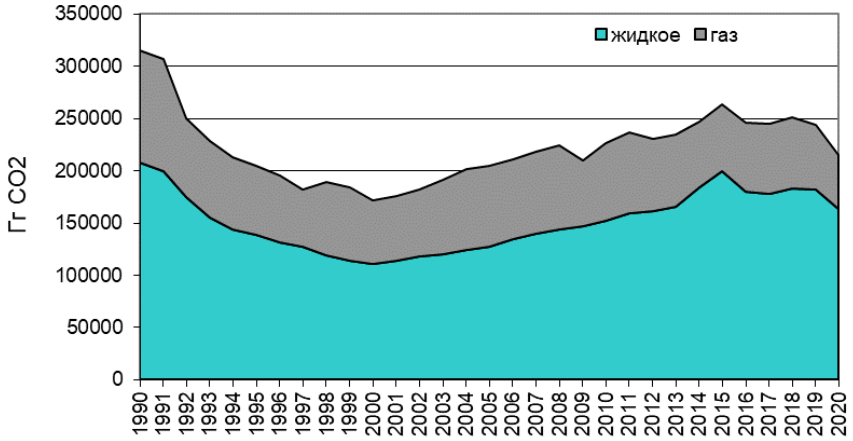

Рисунок 3.9 – Выбросы CO_2 от транспортного сектора, Гг

3.2.4.3.2 – Методологические вопросы

Выбросы парниковых газов от категории транспорт оценивались в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 2006) для национальной гражданской авиации (1.A3.a), дорожного транспорта (1.A3.b), железнодорожного транспорта (1.A3.c), водного транспорта, незадействованного в международных перевозках (1.A3.d), другие виды транспорта (трубопроводный транспорт) (1.A3.e). 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: бензин, дизельное топливо и другие виды моторных топлив. Для расчета эмиссии парниковых газов некоторые другие топлива так же были отнесены к моторным: 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, отнесенные национальной статистикой к категории «Транспорт» при оценке выбросов парниковых газов, рассматривались как стационарные выбросы и учитывались в категории «Коммерческое использование» (1.A.4.a).

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

Категория 1.A.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 CO_2 от сжигания топлива на транспорте вносят дорожный и трубопроводный транспорт (рис. 3.10).

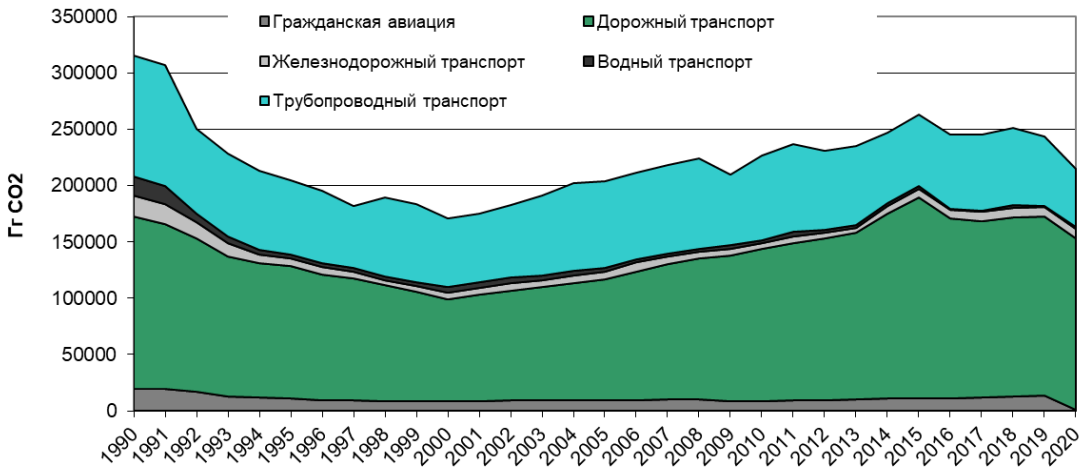

Рисунок 3.10 – Вклад различных видов транспорта в суммарный выброс CO_2 от категории «Транспорт» (1.А.3)

3.2.4.3.3 – Исходные данные.

В таблице 3.15 приведено изменение объемов сжигаемого топлива в транспортном секторе с 1991 по 2020 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. 3.16).

Таблица 3.15

Сжигание топлива транспортом в % к 1990г.

	1995	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Всего	64,6	54,5	65,5	65,6	71,6	74,9	72,3	73,5	76,4	81,0	76,2	76,2	78,1	75,5	66,2
Жидкое топливо	66,7	53,1	61,3	70,8	73,2	76,5	77,5	79,7	88,9	96,1	86,7	85,7	88,1	88,0	78,7
Газ	61,5	56,6	71,5	58,2	69,3	72,5	64,7	64,6	58,6	59,4	61,2	62,4	63,7	57,5	48,3

Таблица 3.16

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

Топливо	Расход, ТДж
Гражданская авиация	
Авиационный керосин[1)]	**13513,57**
Дорожный транспорт	
Бензин	1 418 805,68
Дизельное топливо	608 912,09
Сжиженный газ	53 200,15
Другие моторные топлива	9 073,63
Всего	**2 089 991,55**
Железнодорожный транспорт	
Дизельное топливо	112 525,21
Мазут	40,15
Другие моторные топлива	17,58
Всего	**112 582,95**

Продолжение таблицы 3.16

Топливо	Расход, ТДж
Водный транспорт	
Дизельное топливо	10 709,00
Мазут	7 986,12
Другие моторные топлива	808,89
Всего	**19 504,00**
Трубопроводный транспорт	
Природный газ	955 712,98
Нефть	117,35
Всего	**955 830,33**

[1)] *Расход топлива гражданской авиацией рассчитан по данным о налете и удельном расходе топлива.*

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 3.2.4.3.4. Выбросы от внутренней гражданской авиации и 3.2.5 Выбросы от международного бункерного топлива. Основным принципом при расчете выбросов парниковых газов от энергетического сектора является соблюдение баланса массы топлива, потребленного в экономике страны. Поэтому, полученные расчетным путем, сопоставляются с данными топливно-энергетического баланса 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 топливно-энергетическом балансе, относится в кадастре к категории 1.A.5 – Другие, не учтенные ранее источники.

3.2.4.3.4 – Выбросы от внутренней гражданской авиации.

В 2020 году совокупная эмиссия CO_2, CH_4 и N_2O от сжигания топлива во внутренней гражданской авиации составила 0,974 млн. т CO_2-экв., что на 95,1% ниже, чем в 1990 году. В компонентном составе выбросов преобладает CO_2, на долю которого в 2020 году приходилось 99,1% совокупного выброса. Эмиссии CH_4 и N_2O в 2020 году составили 0,01% и 0,89% соответственно.

Методологические вопросы

Расчет выбросов парниковых газов производился на основе информации об общей массе авиационного топлива, использованного при грузовых и пассажирских авиаперевозках, выполненных в пределах территории Российской Федерации. 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 3.4 (Грабар и др., 2011):

$$FC(t) = \sum_X FT_X(t) \cdot FR_X \,, \qquad (3.4)$$

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 • $ч^{-1}$.

Сведения о ежегодном налете по отдельным типам пассажирских и грузовых воздушных судов $FT_X(t)$ за период с 2000 по 2020 гг. были предоставлены Росавиацией в рамках информационного обеспечения российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Они включали рейсы, выполненные российскими перевозчиками по воздушным трассам в пределах территории Российской Федерации. 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 3.11.

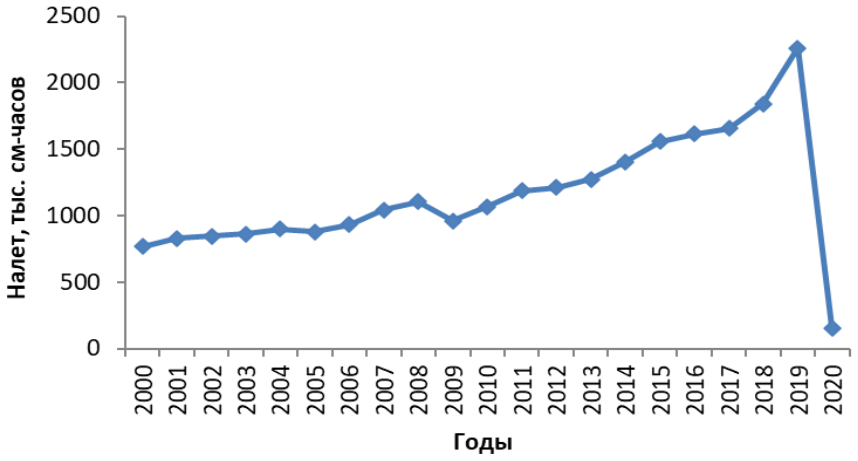

Рисунок 3.11 – Суммарный налет воздушными судами во внутреннем сообщении

С 2000 по 2019 г. наблюдается рост налета самолето-часов во внутреннем сообщении (рис. 3.11). Несмотря на рост объемов авиаперевозок, обновление парка самолетов способствовало снижению топливопотребления в расчете на единицу авиатранспортной работы. Из-за ограничений на осуществление авиаперевозок на фоне пандемии коронавируса в 2020 г. налёт во внутреннем сообщении сократился на 93% относительно 2019 г.

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. 3.12) и потреблении топлива за 2000-2005 гг., когда структура парка воздушных судов оставалась постоянной.

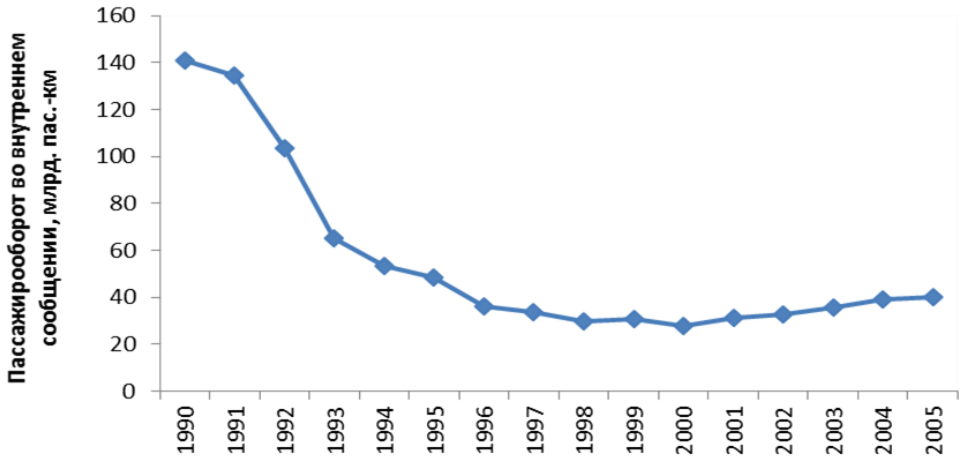

Рисунок 3.12 – Пассажирооборот во внутреннем сообщении

Расчет выбросов парниковых газов от топлива, использованного российскими авиакомпаниями для перелетов в пределах территории Российской Федерации, выполняли по формуле 3.5 (МГЭИК, 2006):

$$E_{CO_2,\,CH_4,\,N_2O} = FC \cdot CF_{TCE} \cdot CF_{NCV} \cdot EF_{CO_2,\,CH_4,\,N_2O}, \qquad (3.5)$$

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 т.у.т. • $т^{-1}$);

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

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

Формула 3.5 соответствует уровню 1b МГЭИК (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006), поскольку в расчете используются национальные данные и конверсионные коэффициенты. 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 т.у.т. • $т^{-1}$ и коэффициента пересчета в теплотворную способность, равного 0,0293 ТДж • $т.у.т.^{-1}$ (Методологические положения, 1999). Коэффициенты эмиссии CO_2, CH_4 и N_2O (табл. 3.17), использованные в расчетах при внутренних авиационных перевозках, 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 кг • $ТДж^{-1}$ для NO_x, 100кг • $ТДж^{-1}$ для CO, 50 кг • $ТДж^{-1}$ для NMVOC (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006).

Таблица 3.17

Коэффициенты эмиссии CO_2, CH_4 и N_2O, использованные в расчетах выбросов парниковых газов при авиационных перевозках (МГЭИК, 2006)

Вид топлива	**Коэффициент эмиссии CO_2, т • $ТДж^{-1}$**	**Коэффициент эмиссии CH_4, т • $ТДж^{-1}$**	**Коэффициент эмиссии N_2O, т • $ТДж^{-1}$**
Авиационный керосин	71,5	0,0005	0,002

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

Расчетные значения выбросов CO_2, CH_4 и N_2O от национальной гражданской авиации представлены на рисунках 3.13 и 3.14 соответственно. Наименьшая величина эмиссии CO_2 наблюдалась в 2000 г., что объясняется сокращением объема внутренних перевозок, а наибольшая – в 1990 году. В 2020 году эмиссия CO_2 составила 0,966 млн. т., что на 95,1% ниже уровня 1990 (рис. 3.13). Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд CO_2, а величины их эмиссии в 2020 году составили 7 т и 27 т соответственно (рис. 3.14). 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. 3.11), существенного увеличения выбросов парниковых газов не наблюдалось, что обусловлено повышением топливной эффективности на воздушном транспорте за счет обновления парка воздушных судов. В 2009 – 2013 гг. выбросы парниковых газов от внутренней гражданской авиации были ниже уровня 2008 года, что связано с последствиями экономического кризиса (рис. 3.13 и 3.14). В 2014-2016 гг. выбросы парниковых газов 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 парниковых газов на 7% относительно уровня 2018 г. В 2020 г. выбросы парниковых газов сократились на 93% относительно уровня 2019 г. в связи с ограничением авиаперевозок на фоне распространения коронавируса.

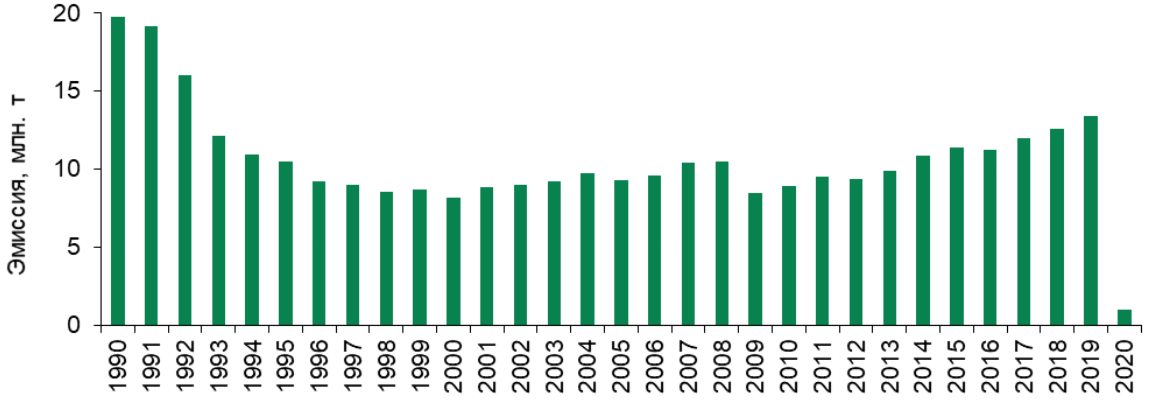

Рисунок 3.13 –Динамика эмиссии CO_2 от внутренней гражданской авиации

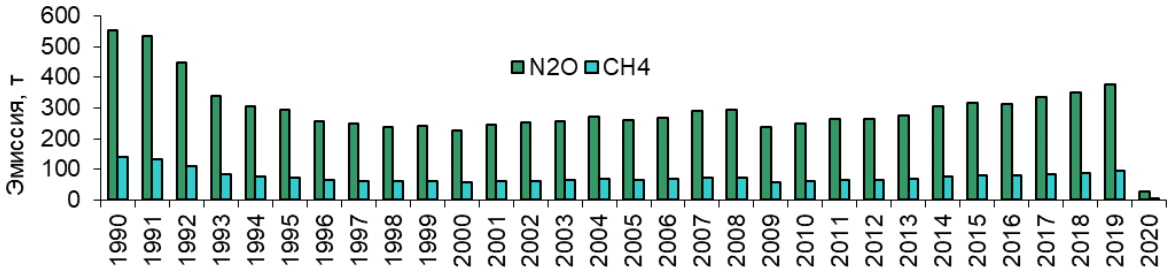

Рисунок 3.14 – Динамика эмиссии CH_4 и N_2O от внутренней гражданской авиации

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 нашей экспертной оценке составляет ±7%. Как указывается в Руководящих указаниях МГЭИК по эффективной практике, неопределенность коэффициентов выбросов CO_2 для разных видов топлив находится, как правило, в пределах ±5%. Неопределенность коэффициента 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 и верификация оценок

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 парниковых газов 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 парниковых газов от авиационных перевозок независимыми экспертами является процедурой контроля качества кадастра по уровню 2.

3.2.4.3.5 – Выбросы от дорожного транспорта

Расчет выбросов парниковых газов и их предшественников проводился с использованием программного модуля Copert-IV v.11.3, реализующего методику Европейского агентства по охране окружающей среды, рекомендуемую для использования на национальном уровне для инвентаризации выбросов парниковых газов от автодорожного транспорта. Данный подход соответствует уровню 2 МГЭИК для CO_2 и уровню 3 для CH_4 и N_2O и газов предшественников - CO, NO_x, MNVOC. Оценка выбросов по модели Copert-IV проведена с помощью двух различных подходов по структуризации автопарка РФ: для реперных годов – 1990, 2000, 2005, 2010 по модели, использующейся в НДК, 2015 (Комков, 2015, Трофименко, 2015); для 2013-2020 был произведен расчет выбросов в связи с усовершенствованием методики анализа и обработки исходных данных о структуре автомобильного парка в России, описанной в разделе «Исходные данные».

Для расчета выбросов парниковых газов от сжигания сжиженного нефтяного газа и других видов топлива на транспорте использовался подход уровня 1 МГЭИК с базовыми коэффициентами выбросов. Объемы потребления топлива для сжиженного нефтяного газа и для других видов моторного топлива принимались по данным топливно-энергетического баланса.

Исходные данные

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

Исходные данные содержатся в ежегодной форме статистической отчетности ГИБДД (1-БДД), в которой представлена информация по количеству автомототранспортных средств и прицепов к ним, стоящих на учете за предыдущий год. До 2013 года приводились только данные об общем количестве автомобилей по категориям: легковые автомобили, грузовые автомобили, автобусы и мотоциклы, и количество отечественных автомобилей по маркам, иностранные автомобили не детализировались. После 2013 года в структуру формы 1-БДД были внесены существенные изменения. Сейчас данные по автотранспорту в категории грузовой транспорт разбиты на 3 подкатегории: категории N1, N2 и N3. Категория автобусы разделены на 2 подкатегории: **M2** и **M3.** Приводятся так же данные о возрасте автотранспортных средств

с разбивкой по категориям: автомобили младше 1 года; от 1-3 лет; 3-5 лет; 5-10 лет; 10-15 лет; свыше 15 лет; данные о количестве автомобилей, имеющих возможность использовать в качестве моторного топлива природный газ (с разделением на сжиженный, компримированный и очищенный углеводородный (нефтяной газ)) и электродвигатели (в том числе с гибридной силовой установкой). В результате изменения формы статистической отчетности появилась необходимость в усовершенствовании методологии по структуризации автомобильного парка.

Для расчетов выбросов за реперные годы – 1990, 2000, 2005, 2010 гг., в тот период, когда в стране отсутствовала надежная статистическая информация, использовалась специальная методика, в основу которой положен принцип восстановления информации на основании изучения и обобщения ретроспективных данных о численности автомобильного парка в требуемой разбивке по полной (снаряженной) массе АТС в каждом экологическом классе, вида используемого топлива на основании построения трендов динамик поставок и выбытия данных видов АТС из парка. Распределение легковых автомобилей по виду потребляемого топлива производилось из расчета 1,0 % дизельных автомобилей в 1990 г. и 3% в 2010г., из которых 50% <2,0 л и 50% >2,0 л. Автобусы и грузовые автомобили по массе разбиты поровну между семью типами представленных в методике автомобилей, при этом грузовые автомобили и автобусы, массой <3,5 т соответствуют 20% дизельных АТС; а грузовых автомобилей и автобусов, массой >3,5 т –80%.

Для определения структуры автомобильного парка для 2013-2020 гг., кроме улучшенной формы 1-БДД, использовались данные Автостата, автомобильных справочников, научно-технических отчетов и данных периодической печати (ведущих автомобильных журналов). Разделение автопарка по экологическим классам проводилось исходя из возраста АТС и даты ввода экологического класса в эксплуатацию для каждого типа АТС. Так же были учтены продажи новых автомобилей (российского производства и иномарок), так как дата ввода экологического стандарта для автомобилей в Евросоюзе и России отличается. При этом был оценен «активный парк» автомобилей, то есть транспортные средства, используемые регулярно. Для 2013-2016 годов было принято 15% «неактивного парка», для 2017-2020 года - 20%, в результате повышения акциз на бензин и повышение платы за парковку в крупных городах. Разделение АТС по потребляемому топливу для 2013 года в следующем соотношении: 3% дизельных легковых автомобилей, 26% дизельных автомобилей категории N1, 66% дизельных автомобилей в категории N2, 80% дизельных автомобилей в категории N3, 42% дизельных автомобилей в категории M2, 69% дизельных автомобилей в категории M3. При этом с каждым годом наблюдается тренд на увеличение продаж дизельных автомобилей, что учитывается в расчетах для последующих лет.

При оценке выбросов парниковых газов для 2013-2020 гг. использовалась модель с усовершенствованной методикой верификации исходных данных. В моделях с референсными значениями структуры автомобильного парка, расчетное потребление дизельного топлива и бензина из года в год варьируется по сравнению с данными топливо-энергетического баланса. В статьях (Максимова, 2020) учитывались оценки влияния различных подходов к структурированию автопарка (выбор экологических классов, вида потребляемого топлива, среднегодовых пробегов автомобилей и т. д.) на результаты выбросов парниковых газов для автомобильного парка Российской Федерации. По результатам проведенного исследования было определено, что наиболее оптимальным методом верификации расчетов выбросов парниковых газов является сопоставление потребления топлива с данными Топливо-энергетического баланса страны. Так как наиболее значимым критерием для расчета выбросов парниковых газов по 3 уровню МГЭИК являются среднегодовые пробеги автомобилей, была произведена их корректировка таким образом, чтобы итоговые результаты потребления топлива совпадали с данными топливо-энергетического баланса. В результате, данные по топливу для 2013-2020 гг. отличаются от данных Росстата не более, чем на 1 процент, что говорит о высоком качестве используемой доработанной модели. Сравнение итоговых скорректированных модельных оценок потребления дизельного топлива и бензина с данными Росстата о потреблении топлива дорожным транспортом для 2013-2020 гг. приведены в Таблице 3.18.

Таблица 3.18

Потребление бензина и дизельного топлива автотранспортными средствами по данным Росстата и по скорректированным модельным оценкам (ТДж)

Топливо	Источник	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Бензин	Данные Росстата	1484972	1522252	1538531	1505452	1454758	1488208	1497746	1418806
	Модельный расчет	1484891	1521925	1538453	1504101	1454838	1488227	1479807	1419065
Дизельное топливо	Данные Росстата	526878	690288	874309	653079	663520	655412	610693	608925
	Модельный расчет	526534	690278	874280	653055	663518	655399	610697	608912

Потребление топлива для тех лет, для которых не проводились модельные расчеты – 1991-1999, 2001-2004, 2006-2009, 2011-2012 – было оценено при помощи линейной интерполяции между ближайшими годами, для которых имеется расчет, выполненный по модели. Интерполяция проведена в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК том 1, глава 5 (МГЭИК, 2006) на основе предположения постоянного годичного изменения потребления топлива. В связи с проведением перерасчета выбросов и потребления топлива дорожным транспортом в 2013 году по модели Copert-IV произошли изменения и в объемах потребления бензина и дорожного топлива в 2011 и 2012 гг., рассчитанных при помощи линейной интерполяции данных за 2010 и 2013 гг.

При необходимости, производилось перераспределение данных о потреблении бензина и 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).

Если при интерполяции данных и модельном расчете суммарное потребление бензина превышало потребление дорожным транспортом по данным ТЭБ, то для расчета выбросов в кадастре использовались значения, приведенные в топливно-энергетическом балансе, так как автомобильный бензин не используется в качестве топлива в других категориях и его перераспределение невозможно. Такие данные были использованы для 1992-1996, 2017-2012 гг..

Если при интерполяции данных и модельном расчете суммарное потребление дизельного топлива превышало потребление дорожным транспортом по данным ТЭБ, то недостающие объемы дизельного топлива переносились из категории «Другие, не учтенные ранее источники» (1.A.5). В таблице 3.19 такой вариант перераспределения данных представлен для 2012 и 2019 года.

В случае, если модельный данные расхода дизельного топлива дорожным транспортом превышали сумму значений, отнесенных в ТЭБ к дорожному транспорту и категории «Другие, не учтенные ранее источники» (1.A.5), недостающие объемы дизельного топлива для этих лет были перенесены из категории «Промышленные производства и строительство» (1.A.2), так как часть дорожного транспорта может быть зарегистрирована за промышленными предприятиями или строительными компаниями и, соответственно, объемы потребляемого этим транспортом дизельного топлива могут попадать в статистику стационарного сжигания топлива предприятиями. Такой вариант перераспределения данных использован для 1994-1997, 2000-2011 гг.

Если потребление дизельного топлива дорожным транспортом, оцененное по модельным расчетам или с использованием интерполяции составляло меньше чем объем дизельного топлива, отнесенный в ТЭБ к категории дорожный транспорт, то оставшиеся объемы дизельного топлива учитывались в категории «Другие, не учтенные ранее источники» (1.A.5). В таблице 3.19 такой вариант перераспределения данных представлен для 2013-2018, 2019 гг.

Таблица 3.19

Примеры перераспределение дизельного топлива по категориям источников для выбранных лет (ТДж)

	Категория	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
До перераспределения	Дорожный транспорт (1.A.3.b)	516450	526878	690288	874309	653079	663520	655412	610693	608925
	Другие (1.A.5)	68402	68389	76293	76361	123540	96168	43193	61390	106338
	Промышленные производства (1.A.2)	255465	296214	326539	358052	575018	568257	330874	339193	315243
	Всего	**840316**	**891482**	**1093121**	**1308722**	**1351637**	**1327945**	**1029479**	**1011276**	**1030506**
После перераспределения	Дорожный транспорт (1.A.3.b)	559739	526534	690278	874280	653055	663518	655399	610697	608912
	Другие (1.A.5)	25113 (-43289)	68733 (+344)	76304 (+11)	76390 (+29)	123564 (+24)	96170 (+2)	43206 (+13)	61386 (-4)	106351 (+13)
	Промышленные производства (1.A.2)	255464	296214	326539	358052	369469	357149	333623	339193	315243
	Всего	**840316**	**891482**	**1093121**	**1308722**	**1351637**	**1327945**	**1029479**	**1011276**	**1030506**

Оценка выбросов CO_2.

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 в CO_2.

Расходы бензина и дизельного топлива определялись для каждого года сопоставлением данных статистики и результатов расчетов по программе Copert-IV с применением методики, описанной в предыдущем разделе. Выбросы диоксида углерода определялись на основе оцененных данных о расходе бензина, дизельного топлива, сжиженного нефтяного газа и других видом мобильных топлив и с применением коэффициентов выбросов CO_2, приведенных по умолчанию в Руководящих принципах МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Поскольку основным критерием расчета выбросов CO_2 является потребляемое топливо, полученные результаты хорошо сопоставляются с данными о расходе топлива по информации Росстата, а также с расчетами, полученными в 2007 году и используемыми в кадастрах предыдущих лет (Российская Федерация, 2009).

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

Обзор

Выбросы 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 парниковых газов при других видах сжигания топлива, не учтенных нигде ранее, отнесены к категории 1.A.5.

Суммарный выброс парниковых газов от других секторов (1.A.4) в 2020 году составил 151660,96 Гг CO_2-экв., от других видов сжигания топлива, не учтенных ранее (1.A.5) – 40722,18 Гг CO_2-экв. Всего от секторов 1.A.4 и 1.A.5 суммарный выброс парниковых газов составил 192383,14 Гг CO_2-экв., из них 98,3% составляют выбросы диоксида углерода. Другие сектора экономики определяют 13,93% суммарных выбросов CO_2 от сжигания топлива. Динамика суммарных выбросов CO_2 от секторов 1.A.4 и 1.A.5 и изменение долевого вклада подкатегорий источников приведена на рисунке 3.15.

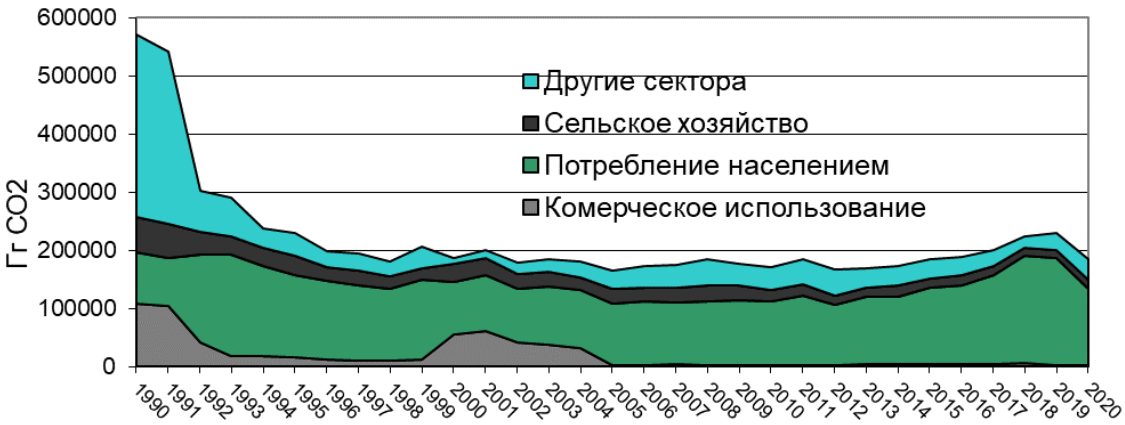

Рисунок 3.15 – Суммарные выбросы диоксида углерода от секторов 1.А.4 и 1.А.5, Гг CO_2

Методологические вопросы

Другие сектора включают выбросы парниковых газов при сжигании топлив при коммерческом использовании и использовании в учреждениях (1.А.4.а), потреблении населением (1.А.4.b) 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.b 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 парниковых газов 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 диоксида углерода использовались в соответствии с методикой МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Исходные данные

В таблице 3.20 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. 3.21).

Таблица 3.20

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

	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Всего	46,7	38,7	35,0	36,5	39,2	35,1	36,4	37,2	39,7	41,0	43,9	49,8	50,8	40,1
Жидкое топливо	21,1	14,8	15,1	16,5	17,9	18,4	16,3	18,0	18,6	19,1	19,6	17,7	18,0	17,2
Твердое топливо	26,1	20,5	11,5	9,6	10,1	9,8	7,3	7,2	7,5	5,7	4,9	5,4	6,1	5,5
Газ	183,7	168,2	157,4	164,3	176,2	145,5	168,1	166,8	182,3	191,0	211,1	259,3	265,2	194,3
Другие топлива	0,0	12,2	8,9	82,2	74,1	72,5	68,9	65,4	35,3	50,3	11,6	30,7	41,0	61,3
Торф	2045,9	991,2	30,2	15,9	12,7	11,2	8,6	0,2	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0

Таблица 3.21

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

	1A4A	1A4B	1A4C	1A5
Нефть	50,29	0,00	821,43	117,35
Бензин	0,00	0,00	13170,37	0,00
Дизельное топливо	0,00	0,00	120047,01	106351,17
Мазут	5207,64	96,36	12920,72	4741,88
Сжиженный газ	570,56	337099,94	2549,12	3796,07
Газ нефтеперерабатывающий сухой				
Антрацит	270,73	2822,05	0,00	1648,33
Коксующийся уголь	0,00	0,00	0,00	7103,51
Каменный уголь	3906,18	40718,20	1316,07	16679,52
Бурый уголь	334,52	13376,29	#ССЫЛКА!	3642,75
Торф	0,00	0,00	0,00	0,00
Угольные брикеты	28,14	0,00	0,00	5,28
Кокс металлургический сухой	20,31	0,00	0,00	11,61
Газ горючий искусственный коксовый				
Природный газ	37023,82	1927348,88	56311,92	165141,03
ТБО абиогенные				
Промышленные отходы	93,78	301,87	3601,90	671,14
Всего	**47505,96**	**2321763,59**	**211664,65**	**515322,97**
Биомасса	478,66	40316,09	1485,10	29466,65
Биогаз	0,00	0,00	0,00	4537,95
ТБО биогенное	0,00	0,00	0,00	
Биомасса всего	**478,66**	**40316,09**	**1485,10**	**34004,60**

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

3.2.4.5 Оценка выбросов других газов, кроме CO_2

Оценка выбросов других, кроме CO_2, газов проводилась с использованием уровня 1, кроме выбросов от дорожного транспорта. Выбросы прочих парниковых газов –CH_4 и N_2O, а также косвенных парниковых газов – NO_x, CO и НМЛОС приведены для всего временного ряда.

Коэффициент выбросов для иных кроме CO_2 газов значительно зависит от используемой технологии сжигания. При применении уровня 1 использовались коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O, приведенные в Руководящих принципах МГЭИК отдельно для каждой категории источников (МГЭИК, 2006).

В целом для подсектора «Сжигание топлива» (1.A) выбросы CH_4 и N_2O в 2020 году составляют всего 0,6% суммарного выброса парниковых газов. В 1990 году выбросы прочих парниковых газов при сжигании топлива составляли 1,13%. На рисунке 3.16 показан временной тренд выбросов CH_4 и N_2O при сжигании топлива, а на рисунке 3.17 – вклад различных категорий источников в суммарные выбросы CH_4 и N_2O в 2020 году.

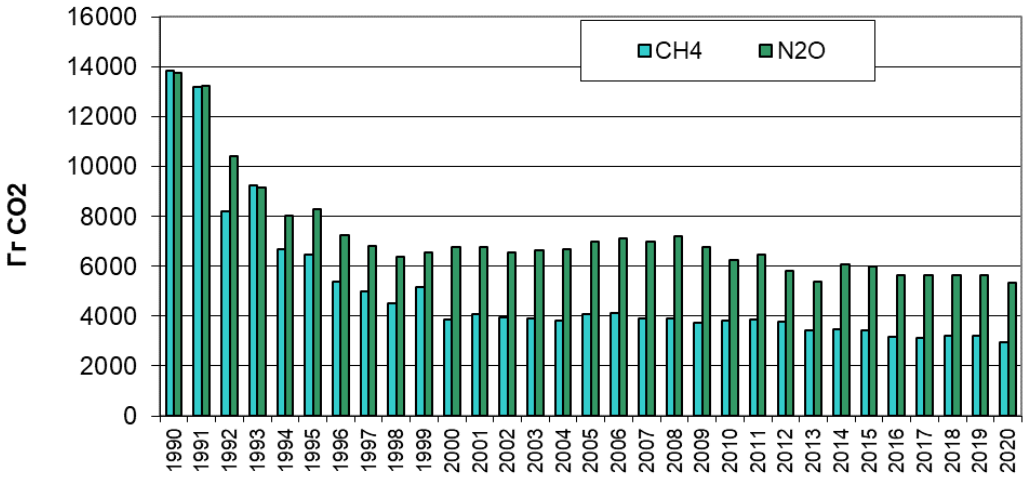

Рисунок 3.16 – Временной тренд выбросов CH_4 и N_2O при сжигании топлива

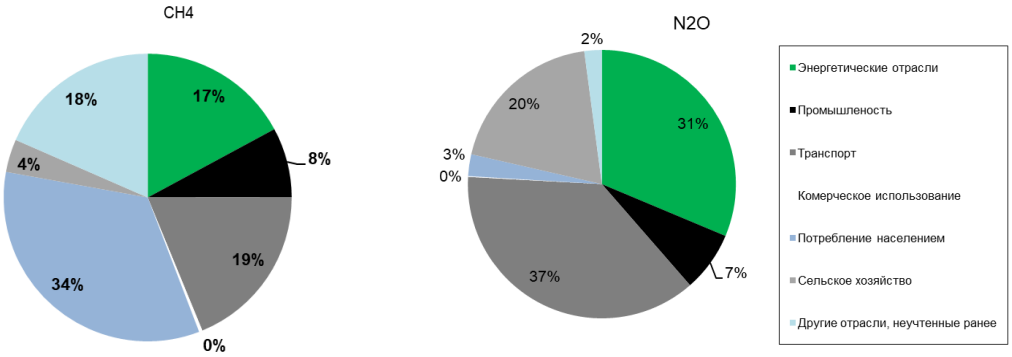

Рисунок 3.17 – Вклад различных категорий источников в выбросы метана и оксида диазота от сжигания топлива в последнем году, представленном в кадастре

С 1990 по 1998 год наблюдалось значительное снижение выбросов CH_4 и N_2O при сжигании топлива, а после 1999 года наступила относительная стабилизация уровня выбросов (рис.

3.16 и 3.17). Рост выбросов N_2O 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 N_2O 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 N_2O.

В 2020 году распределение выбросов CH_4 между категориями источников достаточно равномерное. Основные вклады в выбросы CH_4 вносят сжигание топлива населением (34%), транспортом (19%), предприятиями других отраслей (18%) и энергетикой (17%).

Эмиссия N_2O обусловлена в основном сжиганием топлива транспортом – 37% (из которых 52% обусловлены сжиганием топлива дорожным транспортом) и в энергетической отрасли (31%).

В кадастре 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 соответствие с Руководящими принципами МГЭИК (2007), таблица 3.3.1, удельные коэффициенты приняты равными для дизельного топлива 4,15 кг CH_4/ТДж и 28,6 кг N_2O/ТДж сожженного топлива, а для бензина - 110 кг CH_4/ТДж и 1,2 кг N_2O/ТДж сожженного топлива.

Временное изменение выбросов косвенных парниковых газов представлено на рисунке 3.18. Выбросы CO и НМЛОС в подсекторе 1.А., соответственно, на 80% и 72% обусловлены сжиганием топлива на транспорте (рис. 3.19). При этом более 95% выбросов CO и 88% выбросов НМЛОС от категории «Транспорт» обусловлено сжиганием топлива дорожным транспортом.

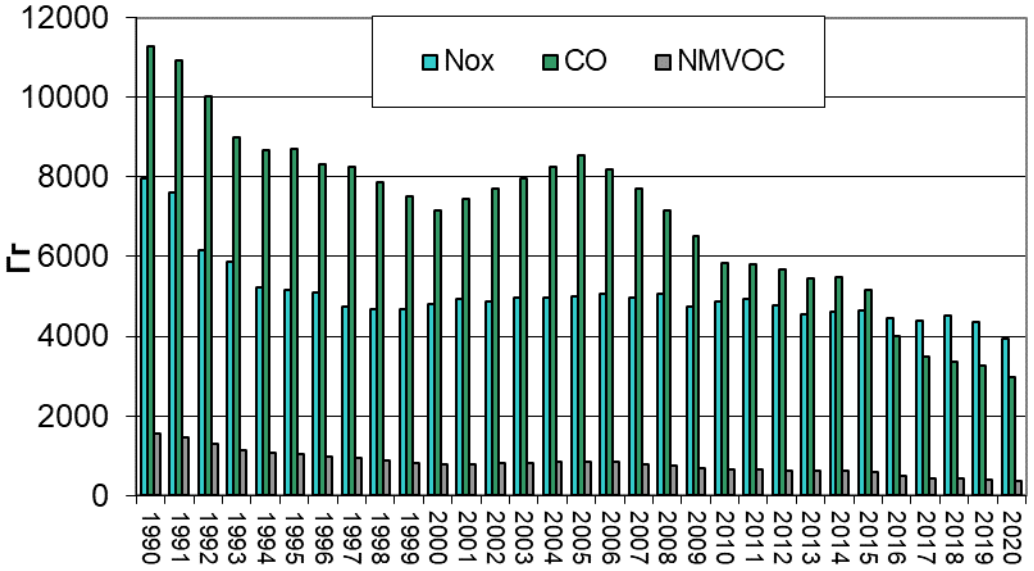

Рисунок 3.18 – Временной тренд выбросов газов с косвенным парниковым эффектом при сжигании топлива

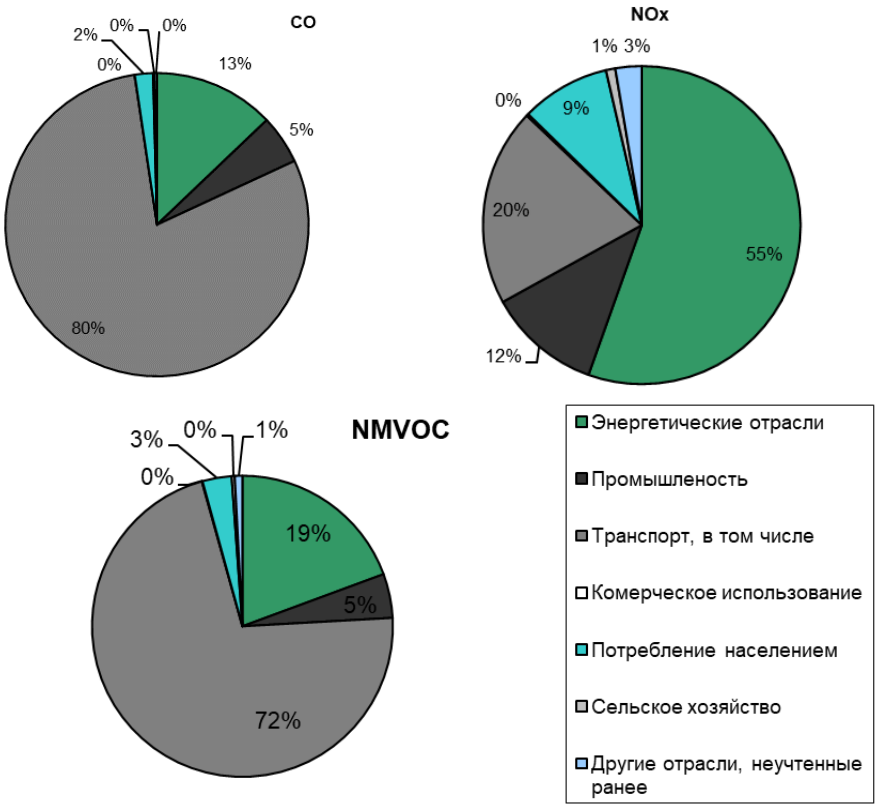

Рисунок 3.19 – Вклад различных категорий источников в выбросы газов с косвенным парниковым эффектом от сжигания топлива в последнем году, представленном в кадастре

Промышленное производство

По рекомендации группы экспертов по проверке 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.A.2 – Сжигание топлива в промышленности в виде отдельной подкатегории эмиссии в таблицах ОФД – 1.A.2.g.viii. Выбросы CH_4 при сжигании доменного газа составили в 2020 году 0,45 Гг, а N_2O – 0,02 Гг. В 1990 году соответствующие значения составляли 0,36 Гг и 0,04 Гг.

Дорожный транспорт

Оценка выбросов парниковых газов CH_4 и N_2O, а также выбросов других загрязняющих веществ оксида углерода (CO), оксидов азота NO_x, неметановых углеводородов для реперных лет (1990, 2000, 2005, 2010, 2013-2020) основывается на модели CORINAIR (позднее COPERT), разработанной Комиссией Европейского союза (ЕС) и рекомендуемой к использованию МГЭИК (МГЭИК, 2006). Программа Copert-IV, версия 11.3 (компьютерная программа для определения выбросов автомобильным транспортом) определяет выбросы по всем регулируемым нормами Евро загрязняющим веществам (CO, NO_x, CH_4).

Выбросы CH_4 и N_2O вычислены в программе Copert-IV на основании данных дорожной статистики (пробеги, классификация дорог и пр.) по группам транспортных средств, выполняющих нормы выбросов Евро-0,1,2,3,4,5,6, действующими на момент регистрации АТС (через учет возраста автопарка), а также измеренных на стендах пробеговых выбросов, выраженных в граммах на километр. Общие выбросы (т/год) от автотранспорта разных экологических

классов вычисляли по формуле 3.6:

$$E_{total} = E_{hot} + E_{cold} + E_{evap}, \quad (3.6)$$

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 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, в соответствии с (Copert-IV, 2011, 2012), определятся по формуле 3.7:

$$E_{hot\ i,\ j,\ k} = N_j \times M_{j,k} \times e_{hot;\ i,\ j,\ k}/1000, \quad (3.7)$$

где: $E_{hot;\ i,\ j,\ k}$ – 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;
$e_{hot;\ i,\ j,\ k}$ – 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.

Результаты расчета выбросов CH_4 и N_2O для реперных лет приведены на рисунках 3.20 и 3.21.

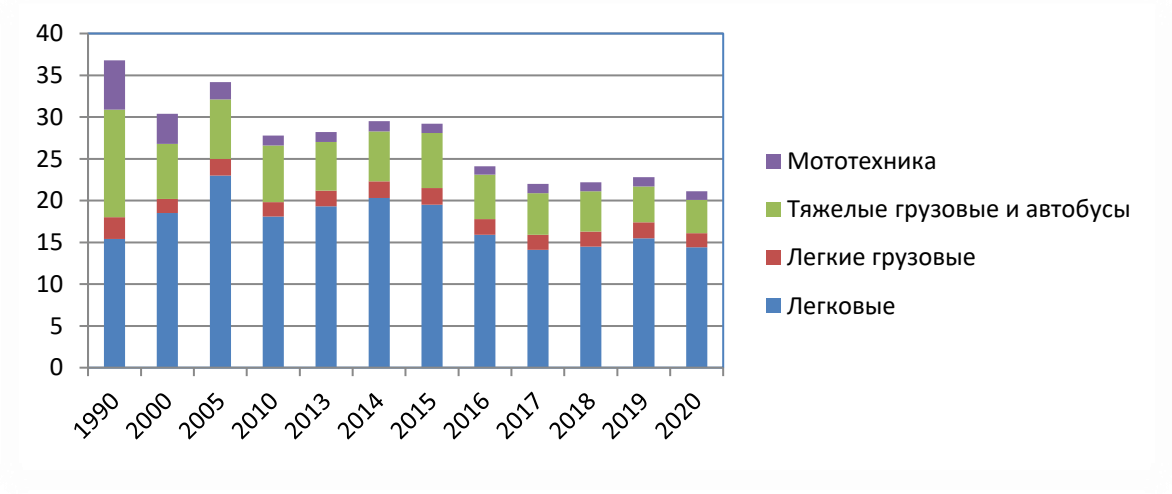

Рисунок 3.20 – Результаты расчета выбросов CH_4, тыс. т

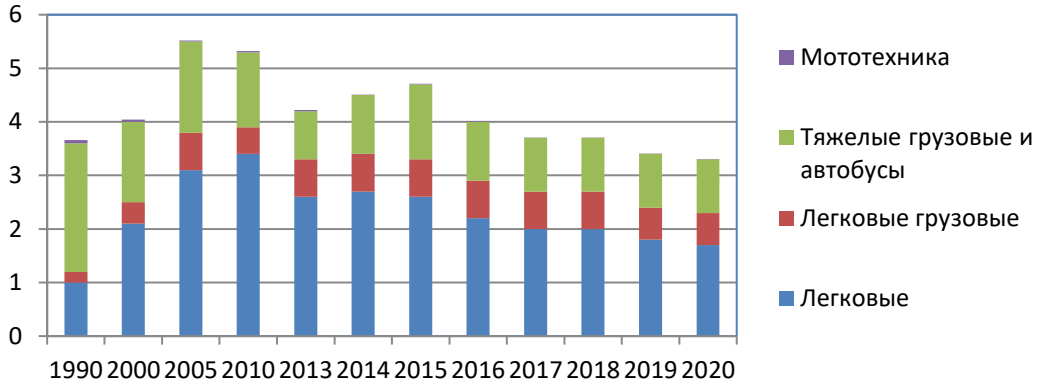

Рисунок 3.21 – Результаты расчета выбросов N_2O, тыс. т

Эпидемия Covid-19 явилась главным фактором снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ от дорожного транспорта в 2020 году. Согласно данным Минэнерго потребление бензина и дизельного топлива в 2020 году снизилось на 5,6% относительно 2019 года. В течение 2020 года также наблюдался спад производства нефтепродуктов.

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 2020 году снижение выбросов метана составило по сравнению с 1990 годом составило 42,6%.

Для выбросов N_2O наблюдался рост в 2000 году на 11% по сравнению с 1990 году. 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 2020 году по сравнению с 2019 годом уменьшились на 5%, это связано с ростом автомобилей класса евро 6 и выбытием старых автомобилей из использования. В 2020 году относительно данных 1990 года снижение выбросов N_2O составило 7,5%.

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 замедляется. 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-IV, 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 3.22 – 3.24, показывают тенденцию снижения выбросов в 2020 г. по сравнению с 1990 г. (78% для CO, более 81% для неметановых углеводородов и до 59% по NO_x) из-за улучшения экологических характеристик автомобильного транспорта. По сравнению с 2019 годом в 2020 году наблюдается снижение выбросов (около 11% для CO, более 10% для неметановых углеводородов и до 8% по NO_x). Это связано с ростом автомобилей класса евро 6 и выбытием старых автомобилей из использования.

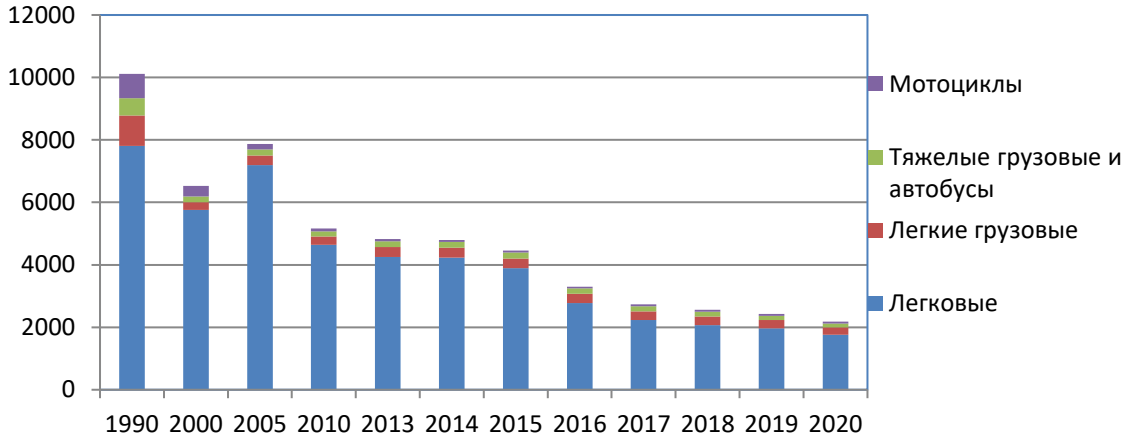

Рисунок 3.22 – Валовые выбросы CO по основным расчетным годам и категориям АТС, тыс. т

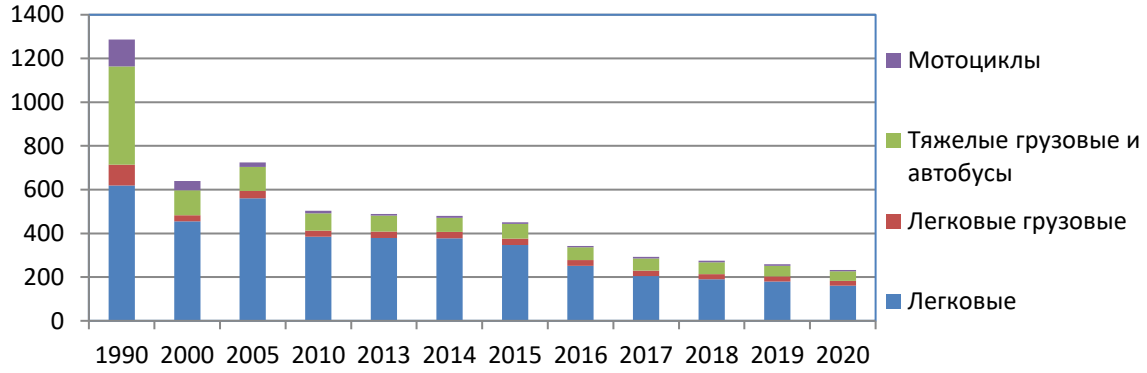

Рисунок 3.23 – Валовые выбросы НМЛОС по основным расчетным годам и категориям АТС, тыс.т

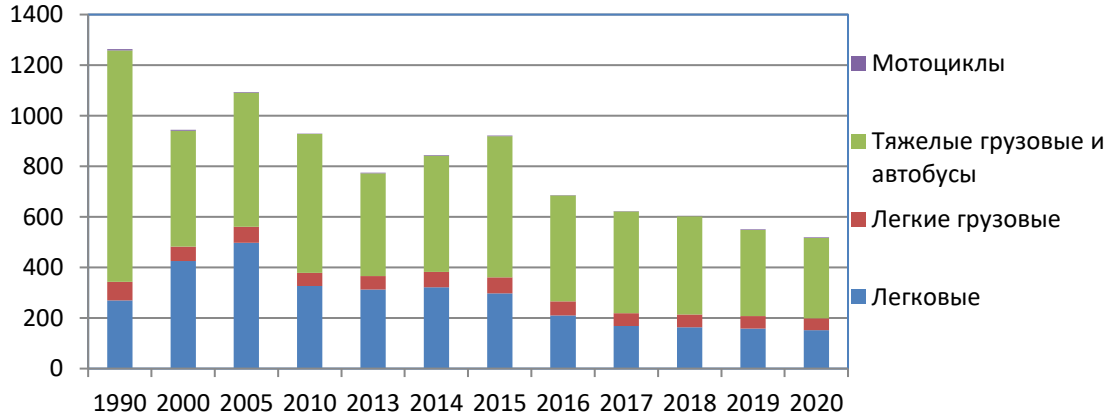

Рисунок 3.24 – Валовые выбросы NO_x по основным расчетным годам и категориям АТС, тыс. т

При проведении оценки выбросов *CH_4, N_2O, CO,* неметановых углеводородов и NO_x за промежуточные годы (1991-1999, 2001-2004, 2006-2009, 2011-2012) использовался метод линейной интерполяции коэффициента эмиссии для каждого класса автотранспортного средства.

3.2.4.6 Оценка неопределенности расчетов выбросов парниковых газов

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

Неопределенности коэффициентов выбросов CO_2 для разных видов топлив достаточно точно определены, поскольку они зависят от содержания углерода в конкретном топливе. Однако неопределенность коэффициентов выбросов иных газов гораздо выше. Неопределенность коэффициентов выбросов CH_4 может достигать ±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 ±7%. В свою очередь неопределенности коэффициентов эмиссии CH_4 и N_2O были приняты равными ±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 ±18%. Аналогичный подход к оценке неопределенности транспортной работы дал результат ±32%. Объединенная неопределенность по эмиссии CH_4 и N_2O для транспорта составила ±37%.

Количественная оценка неопределенности выбросов парниковых газов 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 2020 году составляет 3,7%, а неопределенность тенденции выбросов – 3,3%.

3.2.4.7 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 парниковых газов. 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 сходимости 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.

По методическим вопросам сбора данных проводились консультации со специалистами Росстата, Московского автомобильно-дорожного государственного технический университет (МАДИ), Энергетического углеродного фонда и МЭА.

В настоящем кадастре проведены расчеты по методологии Руководящих принципов МГЭИК 2006 года (МГЭИК, 2006).

По рекомендациям группы экспертов по проверке в текст НДК и таблицы ОФД внесены следующие изменения и уточнения:

- в таблицах ОФД были проверено и исправлено использование обозначений для всего временного ряда, в частности изменено обозначение NA – not applicable на NO – not accuring для категории 1.A.3ei – Трубопроводный транспорт (твердые виды топлив, 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 соответсвие с рекомендацией **E1** отчета о проверке 2019 года.
- в таблицах ОФД все данные о потребление топлив за все годы приведены в энергетических единицах (ТДж). Все значения потреблени топлив для базового подхода указываются в энергетическом эквиваленте (ТДж), так как значения расхода топлива в единицах массы недоступны для раскрытия информации в целях обеспечения конфиденциальности статических данных в соответ-ствии с Федеральным законом от 29.11.2007г. №282-ФЗ «Об официальном статистиче-ском учете и системе государственной статистики в РФ» (ст.4 п.5, ст.9 п.1).Таким образом, указанные единицы измерений соответствуют представленным значениям и восстановлена однородность данных для всего временного ряда (в соответсвие с рекомендацией **E2** отчета о проверке 2019 года);
- в соответствии с рекомендацией **E3** – в таблицах ОФД указано обозначение “IE – included elsewhere” для битума, нафты, нефтяного кокса, смазочных материалов и других топлив, включенных в категорию «Другие нефтепродукты». В таблицу ОФД добавлено пояснение, что указанные виды топлива включены в категорию «Другие нефтепродукты». Данные виды топлива не могут быть разъеденены из-за особенностей структуры предоставления данных Росстатом;
- в соответсвие с рекомендацией **E8** отчета о проверке 2019 года, в НДК, начиная с кадастра позапрошлого года, включены дополнительная таблица (таблица 3.19) 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 3.2.4.3.5 Выбросы от дорожного транспорта.). Перераспределение объемов топлива связано с тем, что использование расчетнаой 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 соответсвие с рекомендацией **E13** отчета о проверке 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 ОФД в соответствии с рекомендациями группы проверки кадастра. В Докладе о кадастре внесены исправления в классификацию категорий промышленного производства для их соответствия категориям таблиц ОФД;

 в соответствии с рекомендацией **E25** отчета о проверке 2019 года, произведен перерасчет выбросов CH4 (в категории Сельское хозяйство). Перерасчет связан с уточнением удельных коэффициентов выбросов метана и закиси азота, которые ранее ошибочно были взяты как среднее значения для двухтактных и четырехтактных двигателей. 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 двитатели 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». Поэтому, для данной категории были использова-ны удельные коэффициенты приняты равными 80 кг CH4/ТДж и 2 кг N2O/ТДж сожженного топлива;

В дальнейшем планируется выполнение **рекомендации E6** отчета о проверке 2019 года по разработке национального коэффициента выброа CO_2 при сжигание жидких топлив.

3.2.5 Выбросы от международного бункерного топлива

3.2.5.1 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 «Эмиссия от международного бункерного топлива» приведены оценки выбросов парниковых газов - CO_2, CH_4, N_2O 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 2020 гг. включительно.

Динамика выбросов парниковых газов приведена на рисунке 3.25. В целом за период с 1990 по 2007 гг. наблюдался рост эмиссии парниковых газов от международного бункерного топлива. В 2008-2009 гг. произошло сокращение выбросов, вследствие экономического кризиса. Однако в 2010-2014 гг. рост выбросов возобновился (рис. 3.25). В 2015, 2016 гг. выбросы парниковых газов 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 совокупный выброс CO_2, CH_4 и N_2O составил 24,6 млн. т (24 627,8 Гг) CO_2-экв., что в 1,4 раза больше, чем в 1990 году. В компонентном составе выбросов преобладает CO_2, на долю которого в 2020 году приходилось 99,5 % совокупного выброса. Выбросы CH_4 и N_2O составили 0,1 % и 0,4 % соответственно.

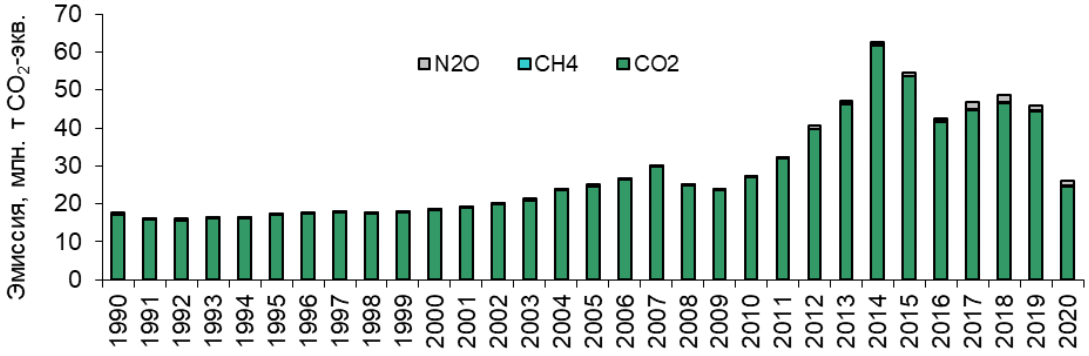

Рисунок 3.25 – Динамика выбросов парниковых газов от международного бункерного топлива

Распределение профиля выбросов парниковых газов при использовании топлива в международных авиационных и морских перевозках приведено на рисунке 3.26. Основные выбросы парниковых газов при использовании международного бункерного топлива связаны с морским транспортом. В 2020 году выбросы от морского транспорта составили около 97% совокупной эквивалентной эмиссии парниковых газов от международного бункерного топлива (рис. 3.26).

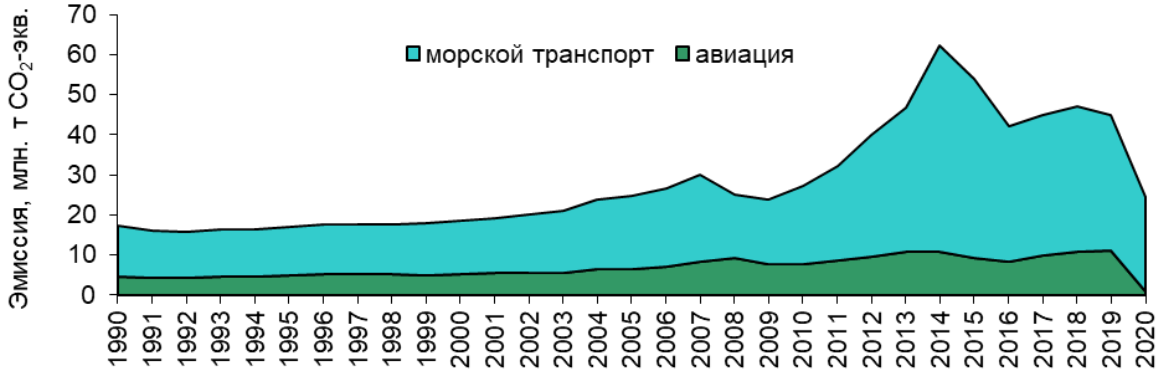

Рисунок 3.26 – Совокупный эквивалентный выброс парниковых газов при использовании международного бункерного топлива

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

Методологические вопросы

Расчет выбросов парниковых газов производился на основе информации об общей массе авиационного топлива, использованного российскими и иностранными авиаперевозчиками при грузовых и пассажирских авиаперевозках, выполненных с территории Российской Федерации. Величина общей массы использованного топлива была получена расчетным путем по данным о налете Росавиации по формуле 3.4 (Грабар и др., 2009; Грабар и др., 2011). Сведения о ежегодном налете пассажирских и грузовых воздушных судов российских и иностранных перевозчиков с территории России за рубеж с 2000 по 2020 гг. были предоставлены Росавиацией в рамках информационного обеспечения российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. 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. 3.27) 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 3.28. 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. налёт в международном сообщении сократился на 92,5% по сравнению с 2019 г. в связи с ограничением авиаперевозок на фоне распространения коронавируса.

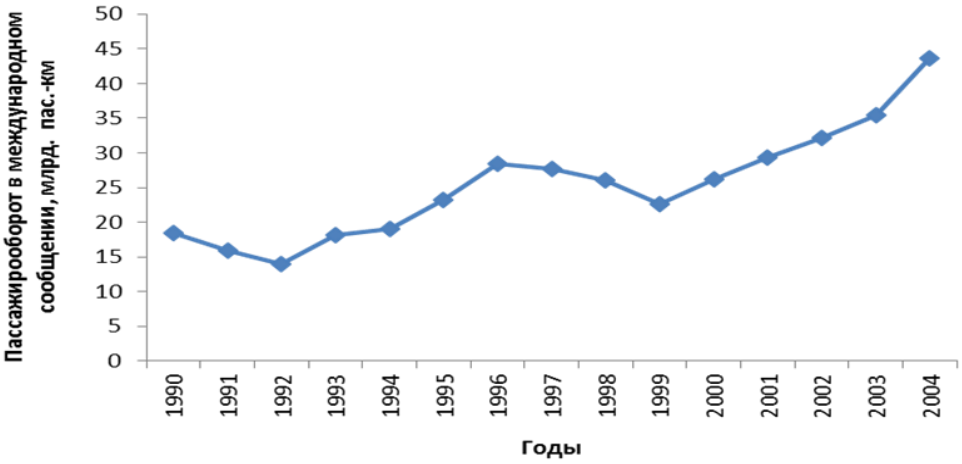

Рисунок 3.27 – Пассажирооборот в международном сообщении

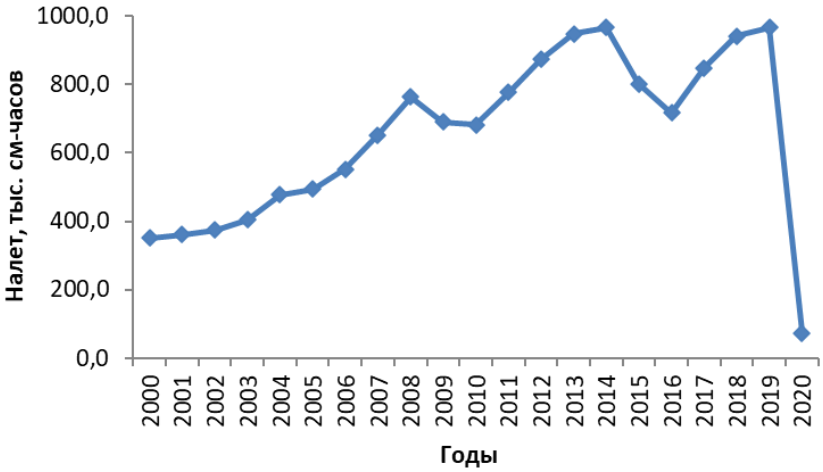

Рисунок 3.28 – Суммарный налет в международном сообщении

Расчет выбросов парниковых газов от топлива, использованного российскими и международными авиакомпаниями для перелетов с территории Российской Федерации, выполняли по формуле 3.5 (МГЭИК, 2006). 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 т.у.т. • $т^{-1}$) и теплотворную способность (0,0293 ТДж • $т.у.т.^{-1}$) (Постановление Госкомстата России, 1999). Коэффициенты эмиссии CO_2, CH_4 и N_2O, использованные в расчетах, были взяты из Руководящих принципов МГЭИК 2006 года и приведены в таблице 3.17 (МГЭИК, 2006).

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 3.29 и 3.30 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 парнико-

вых газов 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). В 2020 году эмиссия CO_2 составила 0,9 млн. т, что ниже уровня 1990 года на 81% (рис. 3.29). Сокращение выбросов в 2020 г. связано с приостановлением международного авиасообщения в связи с пандемией коронавируса. Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд эмиссии CO_2. Величины эмиссии метана и оксида диазота в 2020 году составили 5,9 и 23,8 т соответственно (рис. 3.30).

Выбросы предшественников озона NO_x, CO, ЛНОС приведены в соответствующих таблицах ОФД для временного ряда с 1990 по 2020 гг. раздельно для международной авиационной и морской деятельности. Анализ показал, что эмиссия предшественников озона проявляет сходные тенденции, что и газы с прямым парниковым эффектом.

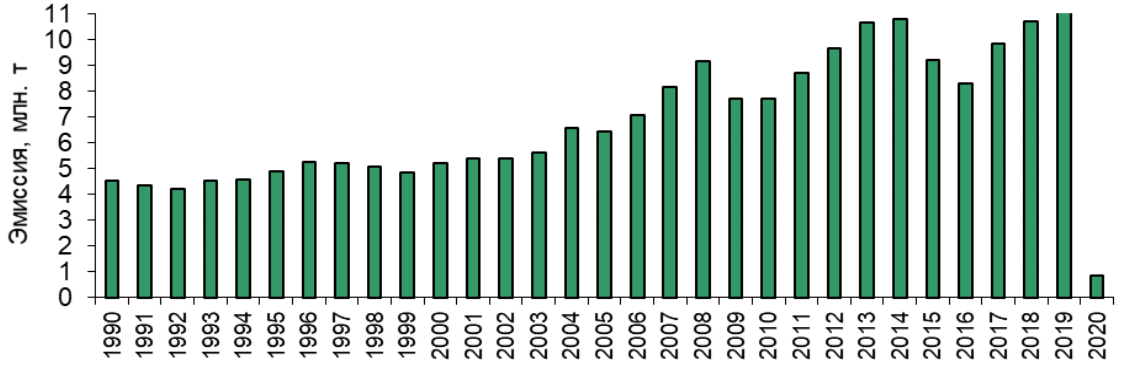

Рисунок 3.29 – Динамика выбросов диоксида углерода от авиационного бункерного топлива

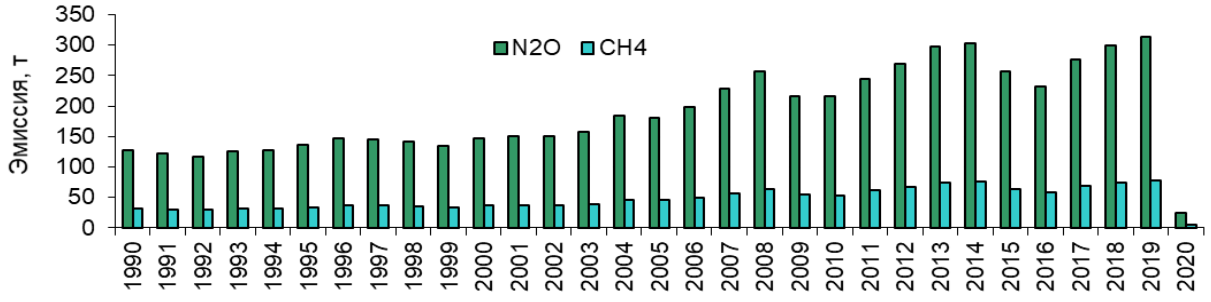

Рисунок 3.30 – Динамика выбросов CH_4 и N_2O от авиационного бункерного топлива

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

Методологические вопросы

Расчет выбросов парниковых газов от морского бункерного топлива выполнялся на основе данных Информационно-аналитического агентства «ПортНьюс» (ИАА «ПортНьюс»)[14] о массе топлива, заправленного российскими и иностранными судами в портах Российской Федерациидля осуществления международных морских и речных перевозок. В своих оценках ИАА «ПортНьюс» основывается на данных ФТС России, администраций морских портов, ФГУП «Росморпорт», российских судоходных и бункеровочных компаний. Данные ИАА «ПортНьюс» доступны за 2005-2020 гг. включительно. Данные за отсутствующие годы были найдены методом экстраполяции (МГЭИК, 2006). Расчет выбросов парниковых газов выполнялся по формуле 3.8 (Грабар и др., 2015):

[14] http://portnews.ru/

$$E_{CO2,\ CH4,\ N2O} = \sum(FC_M \cdot CF_{TCE} \cdot CF_{NCV} \cdot EF_{CO2,\ CH4,\ N2O}), \quad (3.8)$$

где: $E_{CO2,\ CH4,\ N2O}$ – 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 т.у.т. • $т^{-1}$; для дизельного топлива 1,45 т.у.т. • $т^{-1}$);
CF_{NCV} – коэффициент пересчета в теплотворную способность (0,0293 ТДж • $т.у.т.^{-1}$);
$EF_{CO2,\ CH4,\ N2O}$ – коэффициент эмиссии CO_2, CH_4, N_2O, т • $ТДж^{-1}$

Пересчет тонн топлива в тепловой эквивалент производился при помощи коэффициентов пересчета в тонны условного топлива для мазута и дизельного топлива, равных 1,43 т.у.т. • $т^{-1}$ и 1,45 т.у.т. • $т^{-1}$ соответственно и коэффициента пересчета в теплотворную способность, равного 0,0293 ТДж • $т.у.т.^{-1}$ (Методологические положения, 1999). В расчетах были использованы рекомендуемые МГЭИК коэффициенты эмиссии CO_2, CH_4 и N_2O (табл. 3.22). Выбросы NO_x, CO и NMVOC рассчитывали по данным о потреблении топлива по методу уровня 1 и рекомендуемым МГЭИК коэффициентам эмиссии: 1500 кг • $ТДж^{-1}$ для NO_x, 1000 кг • $ТДж^{-1}$ для CO, 200кг • $ТДж^{-1}$ для NMVOC (МГЭИК, 2000).

Таблица 3.22

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

Вид топлива	**Коэффициент эмиссии CO_2, т • $ТДж^{-1}$**	**Коэффициент эмиссии CH_4, т • $ТДж^{-1}$**	**Коэффициент эмиссии N_2O, т • $ТДж^{-1}$**
Мазут	77,4	0,007	0,002
Дизельное топливо	74,1		

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 3.31 и 3.32 соответственно. С 1990 по 2007 гг. наблюдался рост эмиссии парниковых газов от морского бункерного топлива. В 2008 г. произошло сокращение выбросов вследствие экономического кризиса. Однако в 2009 – 2014 гг. рост выбросов возобновился. В 2020 году эмиссия диоксида углерода составила 23,5 млн. т, что в 1,9 раза больше, чем в 1990 году (рис. 3.31). Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд эмиссии CO_2. Величины эмиссии метана и оксида диазота в 2020 году составили 2142 и 642 т соответственно (рис. 3.32). В 2020 г. выбросы парниковых газов 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 связано с глобальным переходом отрасли на использование малосернистого топлива в соответствии с требованиями Международной морской организации и с сокращением объемов мировой торговли из-за пандемии коронавируса.

Выбросы предшественников озона NO_x, CO, NMVOC приведены в соответствующих таблицах ОФД для всего временного ряда с 1990 по 2020 год раздельно для международной авиационной и морской деятельности. Анализ показал, что эмиссия предшественников озона проявляет сходные тенденции выбросов, что и газы с прямым парниковым эффектом.

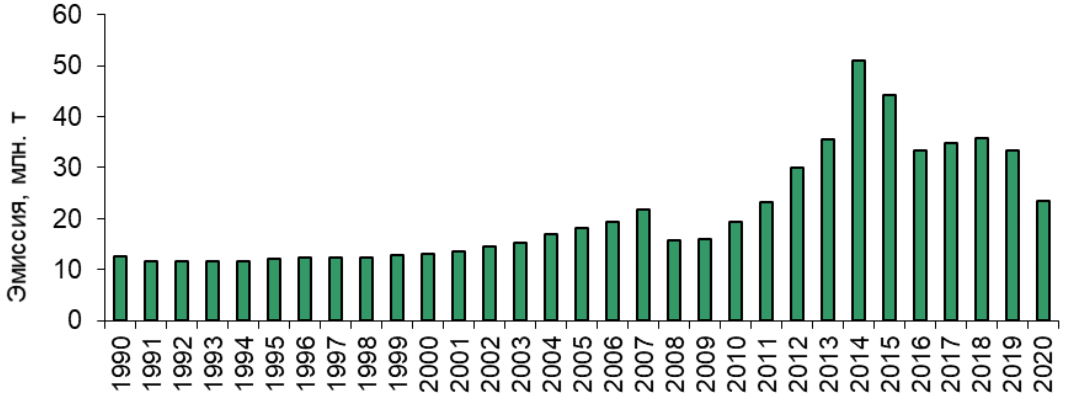

Рисунок 3.31 – Динамика выбросов диоксида углерода от морского бункерного топлива

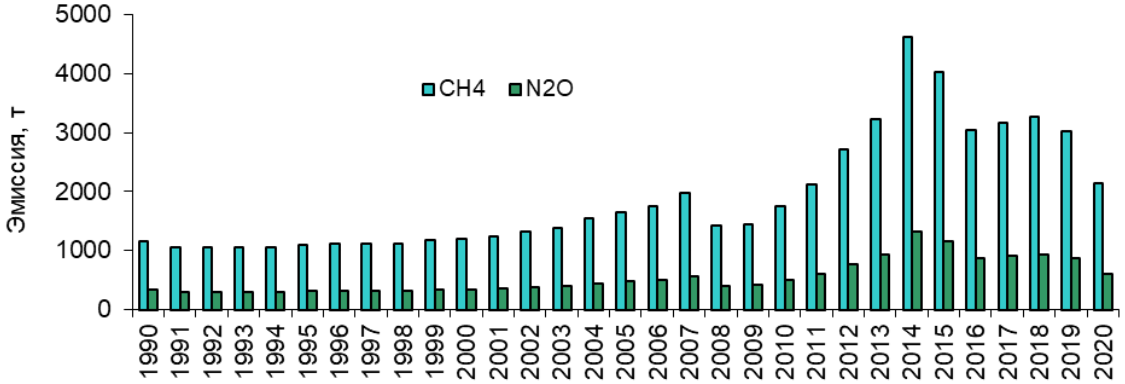

Рисунок 3.32 – Динамика выбросов метана и оксида диазота от морского бункерного топлива

3.2.5.4 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 международной и внутренней авиации. Поэтому неопределенность данных о деятельности довольно низка и по нашей экспертной оценке составляет ±7%. Как указывается в Руководящих указаниях МГЭИК по эффективной практике, неопределенность коэффициентов выбросов CO_2 для разных видов топлив находится, как правило, в пределах ±5%. Неопределенность коэффициента выбросов CH_4 для уровня 1 может быть от –57% до +100%. Неопределенность коэффициента выбросов N_2O 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 ±7%. Неопределенности коэффициентов выбросов CO_2 для разных видов топлив достаточно точно определены, поскольку они зависят в основном от содержания углерода в конкретном топливе. К примеру, значение неопределенности для дизельного топлива равно ±1,5%, а для топочного мазута ±3%. Однако неопределенность коэффициентов выбросов иных газов гораздо выше. Неопределенность коэффициентов выбросов CH_4 может достигать ±50%. Неопределенность коэффициента выбросов N_2O 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 парниковых газов от использования международного бункерного топлива составила 7,4%. Неопределенность тенденций выбросов составила 14,7%.

3.2.5.5 Обеспечение и контроль качества и верификация оценок

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 парниковых газов. 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 парниковых газов от авиационных перевозок был выполнен специалистами Росгидромета. В 2012 году сотрудниками Центрального института авиационного моторостроения им. Баранова были проанализированы расчеты выбросов парниковых газов 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 парниковых газов от авиационных перевозок независимыми экспертами является процедурой контроля качества кадастра по уровню 2.

Альтернативные оценки выбросов парниковых газов водным транспортом Российской Федерации за некоторые годы выполнялись ЗАО «ЦНИИМФ»[15] 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 парниковых газов морскими транспортными судами, плавающими под флагом Российской Федерации, в 2009 и 2011 гг. составил соответственно 7,8 и 7,5 млн. т. CO_2-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.

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

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

3.2.5.7 Планируемые усовершенствования

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

[15] *http://www.cniimf.ru*

3.3 Выбросы от утечек и испарения топлив (1.B)

В разделе приведены расчетные оценки выбросов парниковых газов - CO_2, CH_4 и N_2O и газов, обладающих косвенным парниковым эффектом (NO_x, CO, SO_2 и НМЛОС (NMVOC), от утечек в атмосферу твердых, жидких и газообразных топлив с 1990 по 2020 гг. включительно.[16] В 2020 г. суммарные выбросы CO_2, CH_4 и N_2O составили 217 млн. т (216 757,33 Гг) CO_2-экв.;что ниже уровня выбросов 1990 года на 24,1%. В их составе преобладает метан, на долю которого в 2020 г. приходилось 72,7%. Доли диоксида углерода и оксида диазота составили 27,2% и менее 0,1% соответственно (рис. 3.33). Операции с нефтью и природным газом (1.B.2) доминируют в суммарном объеме выбросов от утечек и испарения топлив – 70,49%. В 2020 г. выбросы от нефтегазовой отрасли были на 22,8% ниже уровня 1990 года, выбросы от твердых топлив сократились на 27% (рис. 3.34). Выбросы газов с косвенным парнковым эффектом связаны с нефтегазовой отраслью. Величины выбросов NO_x, CO и SO_2 были на 7,7% ниже, чем в 1990 году, а выброс НМЛОС уменьшился на 0,1% – до 2,548 млн. т (рис. 3.35).

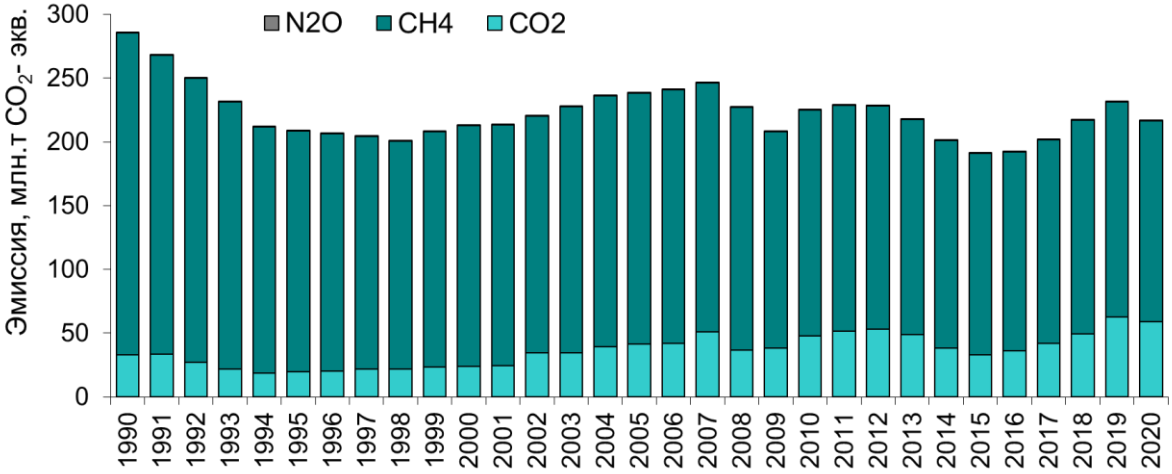

Рисунок 3.33 – Выбросы парниковых газов при утечках

[16]*Термин «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.*

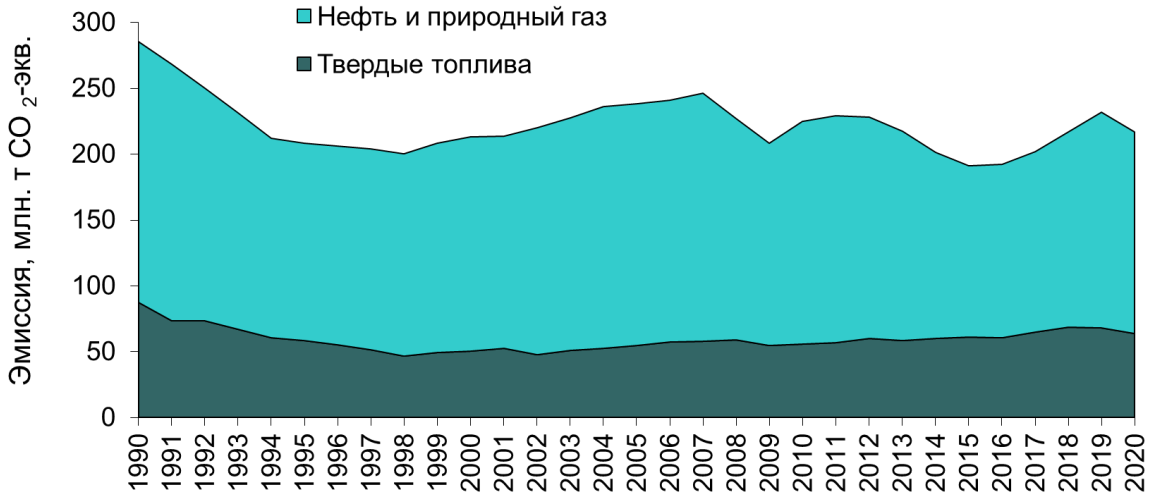

Рисунок 3.34 – Выбросы парниковых газов по основным категориям источников

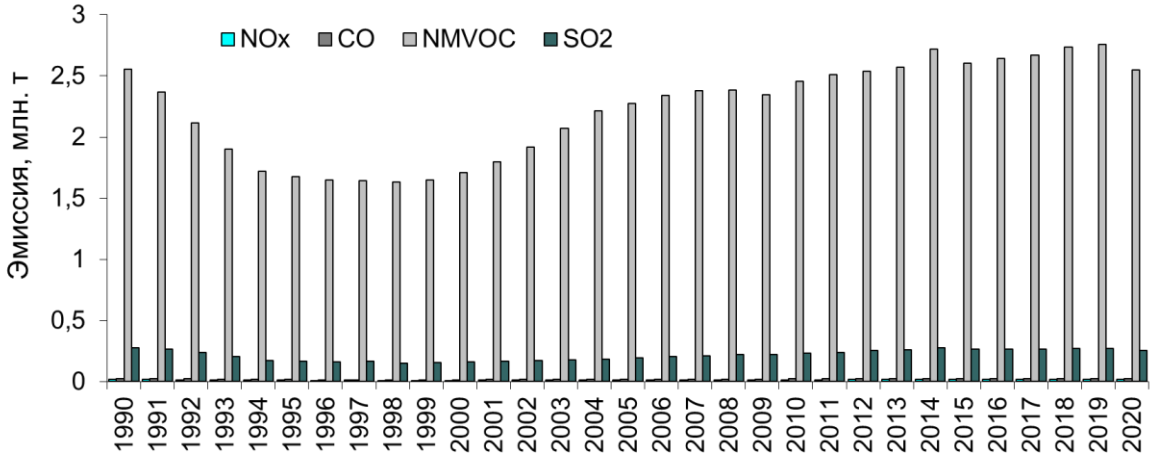

Рисунок 3.35 – Выбросы газов с косвенным парниковым эффектом в нефтегазовой отрасли

3.3.1 Отдельные категории источников выбросов

3.3.1.1 Выбросы от твердых топлив (1.B.1)

Добыча и последующие операции с углем (1.B.1.a)

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).

Добыча угля из эксплуатируемых угольных бассейнов ведется подземным в и открытым способами в 7 федеральных округах Российской Федерации (табл. 3.23). 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» (ФГБУ «ЦДУ ТЭК»).[17]

Таблица 3.23

Угледобыча в Российской Федерации

Федеральный округ	**Угольные бассейны**
Добыча подземным способом (1.B.1.A.1)	
Центральный	Подмосковный
Северо-Западный	Печорский
Южный	Донецкий
Приволжский	Кизеловский
Уральский	Махневско-Каменский и Челябинский
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.B.1.A.2)	
Центральный	Подмосковный
Северо-Западный	Печорский
Приволжский	Урало-Каспийский и Южно-Уральский
Уральский	Махневско-Каменский и Челябинский
Сибирский	Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский, Тунгусский и Улухемский
Дальневосточный	Буреинский, Западно-Камчатский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский, Южно-Уссурийский и Южно-Якутский

В 2020 году совокупный выброс метана от добычи угля составил 2,6 млн. т (2 558,9 Гг), что на 27% ниже, чем в 1990 году (рис. 3.36). Вклад добычи угля подземным способом в общий выброс метана от угледобычи составил 46,8%.

[17] http://www.cdu.ru

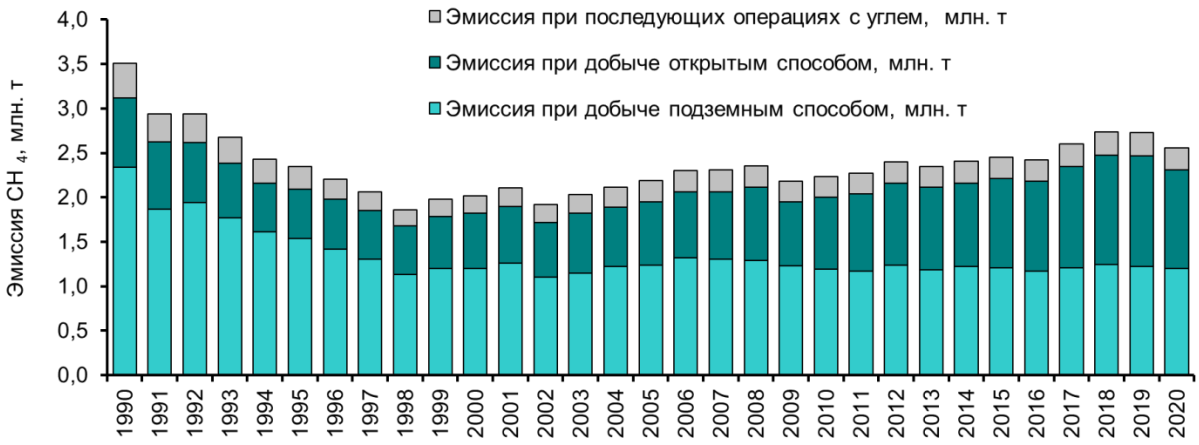

Рисунок 3.36 – Выбросы метана от добычи угля в Российской Федерации

3.3.1.2 Выбросы от нефти и природного газа (1.B.2)

В разделе приведены оценки выбросов парниковых газов (CO_2, CH_4 и N_2O) и газов с косвенным парниковым эффектом (NOx, CO, NMVOC и SO_2) при бурении, опробовании и обслуживании действующих нефтяных скважин, опробовании и обслуживании газовых скважин, добыче и транспорте нефти, газового конденсата и природного газа, хранении и распределении природного газа, а также подготовке природного газа и первичной переработке нефти. Распределение выбросов по категориям источников представлено в таблице 3.24. Тенденции общих эквивалентных выбросов парниковых газов приведены на рисунках 3.37 и 3.38. Величины выбросов газов с косвенным парниковым эффектом приведены на рисунке 3.35. В выбросах парниковых газов преобладает метан – его вклад в совокупную эмиссию от нефтегазовой отрасли Российской Федерации в среднем составляет 77,5 %. В 2020 г. значение выбросов парниковых газов составляло 153,38 млн. т (153 380,2 Гг) CO_2-экв., что на 22,5% ниже уровня 1990 года (рис. 3.37). Из рисунка 3.38 видно, что наибольший вклад дают утечки при операциях с природным газом (в среднем 52,7% общего выброса по отрасли).

Таблица 3.24

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

Категория источников выбросов	Парниковые газы	Таблица ОФД
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

Продолжение таблицы 3.24

Категория источников выбросов	Парниковые газы	Таблица ОФД
Операции с газовым конденсатом		1.B.2.a
Добыча	CO_2, CH_4	1.B.2.a.2
	NMVOC	1.B.2.a
Транспортировка	CO_2, CH_4	1.B.2.a.3
	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
Первичная переработка (подготовка)	CO_2, CH_4	IE (1.B.2.b.2)
	NMVOC	1.B.2.b
Транспорт и хранение	CO_2, CH_4	1.B.2.b.4
	NMVOC	1.B.2.b
Распределение	CO_2, CH_4	1.B.2.b.5
	NMVOC	1.B.2.b
Продувка и отведение газов		1.B.2.c.1
Нефть	CO_2, CH_4	1.B.2.c.1.i
	NMVOC	1.B.2.a
Газовый конденсат	CO_2, CH_4	1.B.2.c.1.i
	NMVOC	1.B.2.a
Природный газ	CO_2, CH_4	IE (1.B.2.b.4)
	NMVOC	1.B.2.b
Сжигание в факелах при добыче и первичной переработке		1.B.2.c.2
Попутный (нефтяной) газ	CO_2, CH_4, N_2O	1.B.2.c.2.i
Природный газ	CO_2, CH_4, N_2O	1.B.2.C.2.ii
	NMVOC	1.B.2.b

Примечания:

В таблице 1.B.2.a ОФД приведена сумма величин выбросов NMVOC от всех операций с нефтью и газовым конденсатом, 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 ОФД приведена сумма величин выбросов NMVOC от всех операций с природным газом, включая сжигание при добыче, подготовке, продувки и газоотведение.

Выбросы CO_2, CH_4 и N_2O от сжигания природного газа для собственных нужд предприятий учтены в подразделах 3.2.3.1 и 3.2.3.

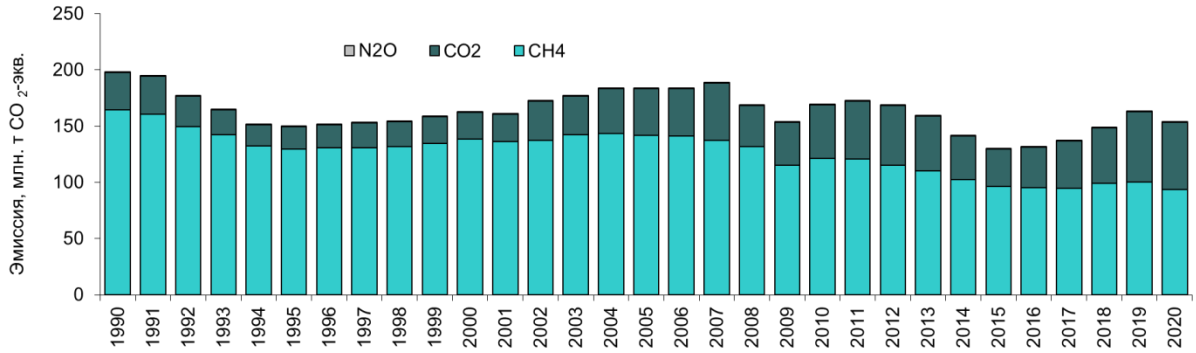

Рисунок 3.37 – Совокупный выброс парниковых газов в нефтегазовой отрасли РФ

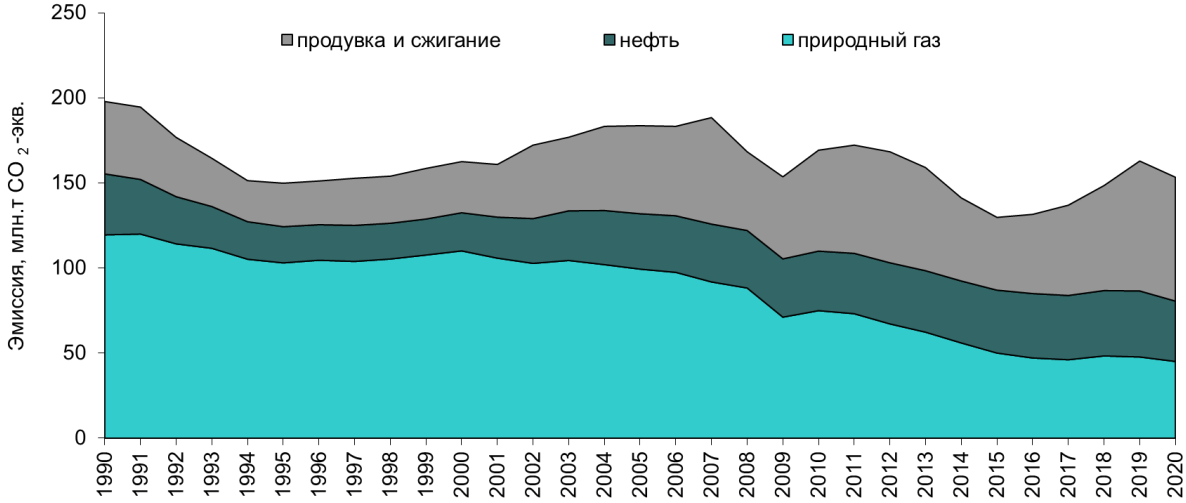

Рисунок 3.38 –Динамика выбросов в нефтегазовой отрасли РФ

3.3.2 Характеристика категорий источников

3.3.2.1 Выбросы от твердых топлив (1.B.1)

3.3.2.1.1 – Добыча угля подземным способом (1.B.1.a.1)

Выбросы при добыче угля подземным способом (1.B.1.a.1.i)

Выбросы метана при добыче угля подземным способом

Расчетные значения эмиссии CH_4 при добыче угля подземным способом приведены на рисунке 3.39. Значения выбросов приведены с учетом улавливания и утилизации (сжигания) метана (табл. 3.27). В 2020 г. эмиссия CH_4 составила 1,2 млн. т (1 196,8 Гг) или 48,78% 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. 3.25), а также утилизацией удаляемого из шахт метана (табл. 3.27).

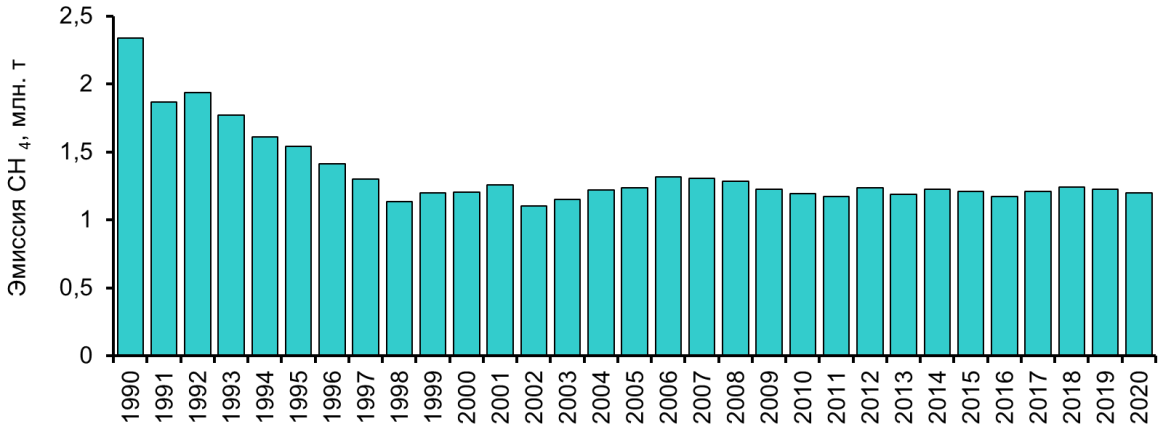

Рисунок 3.39 – Выбросы метана при добыче угля подземным способом

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. Факельное сжигание угольного метана в Российской Федерации не производится: метан, извлеченный при дегазации угольных шахт и пластов, 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 ОФД были использованы условные обозначения «NE» и «NA».

Выбросы от последующего обращения с углем, добытым подземным способом (1.B.1.a.1.ii)

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 3.40. В 2020 году эмиссия метана составила 207,4 тыс. т. Доля последующих операций с углем не превышает 10% общих выбросов CH_4 от угледобычи.

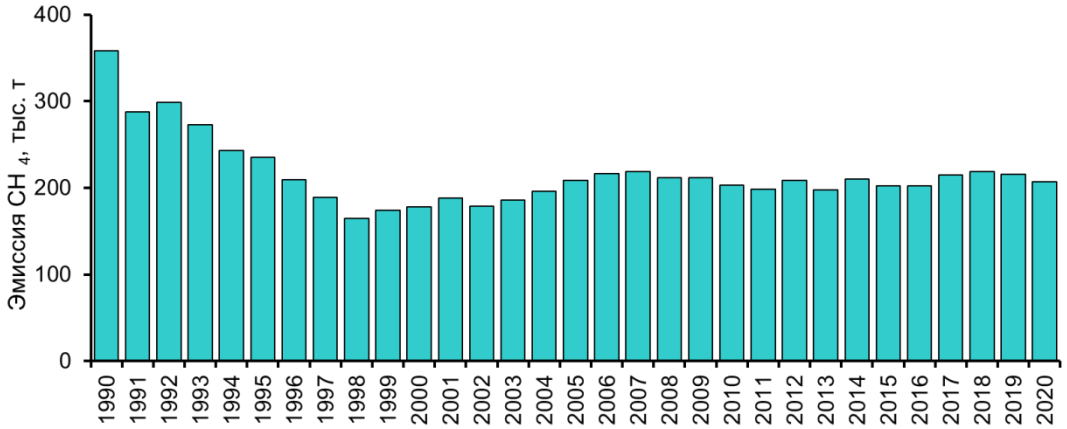

Рисунок 3.40 – Выбросы CH_4 от последующего обращения с углем, добытым подземным способом

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 CO_2 от последующих операций с углем, добытым подземным способом, не представляется возможным. Поэтому при представлении информации о выбросах CO_2 в таблицах ОФД 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 CO_2 и CH_4 в таблицах ОФД были использованы условные обозначения «NO».

3.3.2.1.2– Добыча угля открытым способом (1.B.1.a.2)

Выбросы при добыче угля открытым способом (1.B.1.a.2.i)

Выбросы метана при добыче угля открытым способом

Результаты расчетов показывают, что в 2020 г. эмиссия метана при добыче угля открытым способом составила 1 114,7 тыс. т (Гг), что на 42,5% выше уровня 1990 г. (рис. 3.41).

Выбросы диоксида углерода при добыче угля открытым 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 диоксида углерода при добыче угля открытым способом не представляется возможным. Поэтому при представлении информации о выбросах CO_2 в соответствующих таблицах ОФД были использованы условные обозначения «NE».

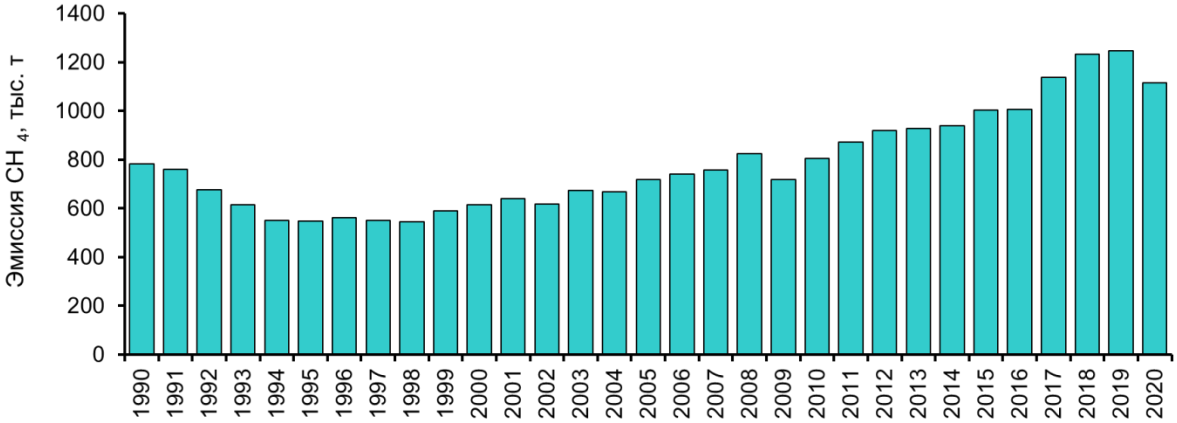

Рисунок 3.41 – Выбросы CH_4 от добычи угля открытым способом

Выбросы от последующих операций с углем, добытым открытым способом (1.B.1.a.2.ii)

Выбросы метана от последующих операций с углем, добытым открытым способом

Расчетные значения эмиссии CH_4 при последующем обращении с углем, добытым открытым способом, приведены на рисунке 3.42. В 2020 году эмиссия CH_4 составила 40,05 тыс. т.

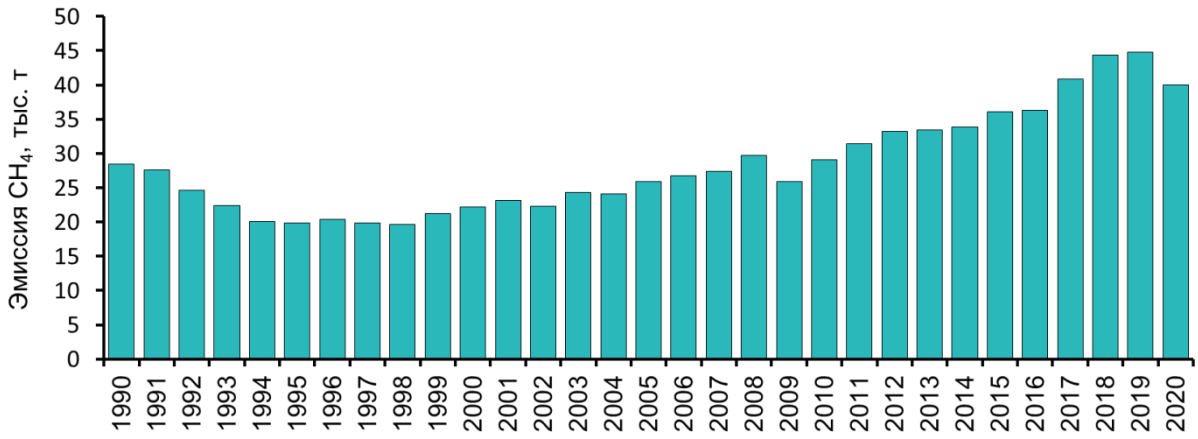

Рисунок 3.42 – Выбросы CH_4 от последующего обращения с углем, добытым открытым способом

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 из шахт угля, но не содержат методологии и параметров для количественной оценки этих выбросов (МГЭИК, 2006). Соответственно выполнить расчет выбросов CO_2 от последующих операций с углем, добытым подземным способом, не представляется возможным. Поэтому при представлении информации о выбросах CO_2 в таблицах ОФД были использованы условные обозначения «NE».

3.3.2.1.3– 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 ОФД использованы условные обозначения «NE» и «NA».

3.3.2.2 Выбросы при операциях с нефтью и газом (1.B.2)

Выбросы от утечек при операциях с нефтью (1.B.2.a)

Расчетные значения выбросов CO_2, CH_4 и N_2O при операциях с нефтью приведены на рисунках 3.43 – 3.45 соответственно. В 2020 г. совокупные выбросы CO_2, CH_4 и N_2O от операций с нефтью уменьшились относительно уровеня 1990 г. на 1,101% и достигли 35,4 млн. т (35 444 Гг) CO_2-экв. Бурение, опробование и обслуживание действующих нефтяных скважин является основным источником выбросов CO_2 и составляет 98,5% совокупного выброса от операций с нефтью (рис. 3.43). Вклад добычи нефти и газового конденсата составляет 1,5 %. Вклады остальных операций в совокупности не превышают 0,01 %. Добыча нефти и газового конденсата определяет тенденцию выбросов метана: ее вклад в совокупную эмиссию при операциях с нефтью составляет в среднем 89,8 %. Доля бурения, опробования и обслуживания нефтяных скважин в выбросах CH_4 составляет 9 %. Первичная переработка (перегонка) и транспорт нефти и газового конденсата по магистральным трубопроводам в сумме не превышают 0,9 % (рис. 3.44).

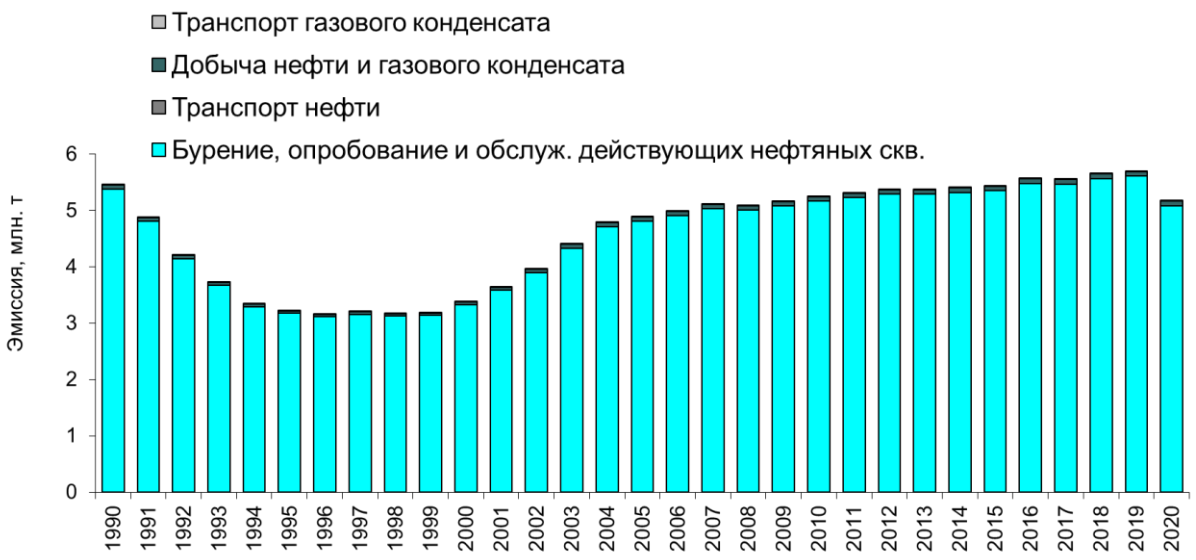

Рисунок 3.43 – Выбросы CO_2 при операциях с нефтью и газовым конденсатом

Рисунок 3.44 – Выбросы CH_4 при операциях с нефтью и газовым конденсатом

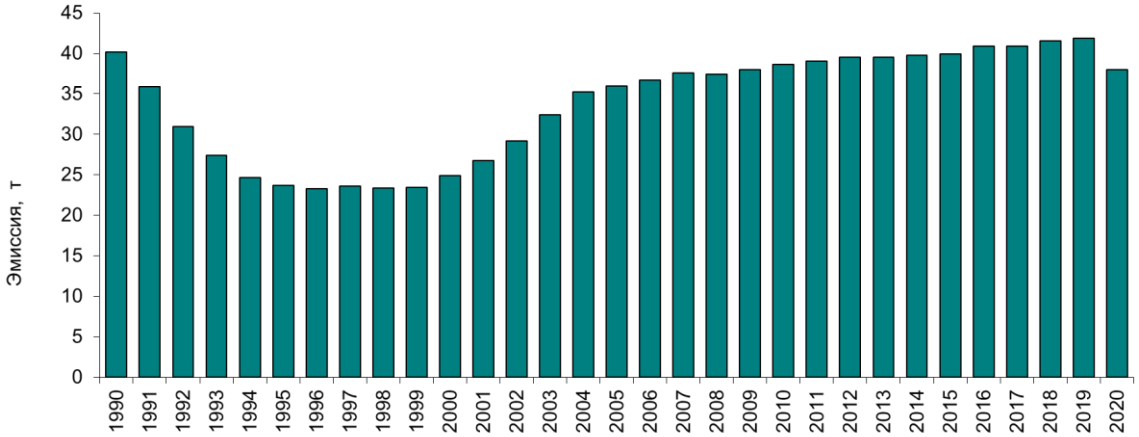

Рисунок 3.45 – Выбросы N_2O при разведочном и эксплуатационном бурении, опробовании и обслуживании действующих нефтяных скважин

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

Расчетные значения выбросов CO_2 и CH_4 от утечек при операциях с природным газом приведены на рисунках 3.46 и 3.47 соответственно (выбросы от сжигания природного газа для собственных нужд учтены в разделах 3.2.4.1 и 3.2.4.3 настоящей главы). Газораспределение

дает наибольший вклад в совокупный выброс CO_2 (77,9 %). Доля транспорта и хранения природного газа составляет 14,4 %. В 2020 г. выбросы CO_2 при добыче, подготовке, транспорте, хранении и распределении газа были ниже уровня 1990 года на 0,9 % (рис. 3.46).

Основной вклад в выброс CH_4 – 61,9 % – вносят транспорт и хранение природного газа. Заметный вклад вносит газораспределение (31,1 %). Доля утечек при добыче и подготовке природного газа составляет 7,1 %. В 2020 г. совокупная эмиссия метана была ниже уровня 1990 года на 62,26% (рис. 3.47). При оценке выбросов от магистрального транспорта природного газа с 2017 г., учитывались данные измерений утечек метана при транспортировке газа, проводимых ПАО «Газпром».

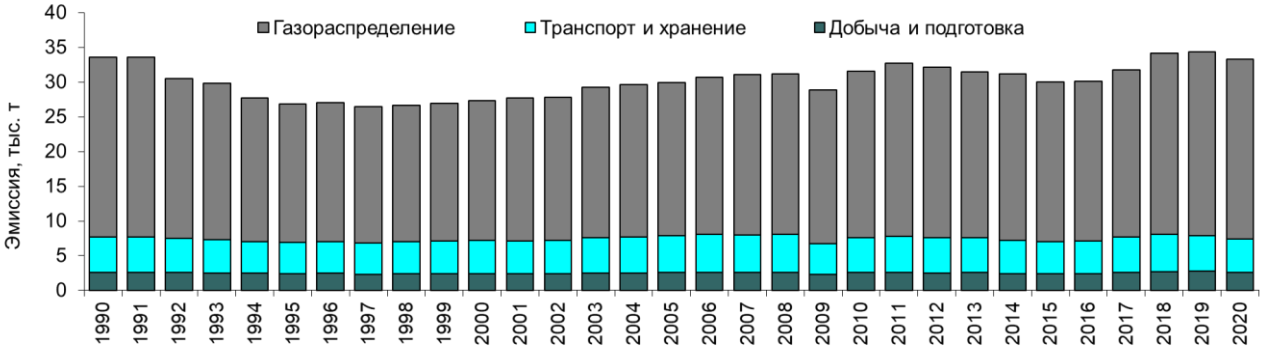

Рисунок 3.46 – Выбросы CO_2 при операциях с природным газом

Рисунок 3.47 – Выбросы CH_4 при операциях с природным газом

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

Выбросы CO_2 и CH_4 происходят при газоотведении в процессе добычи нефти и газового конденсата, а также образуются при газоотведении во время транспорта природного газа по магистральным трубопроводам. Национальные коэффициенты эмиссии метана и диоксида углерода, использованные при расчете выбросов от транспортировки природного газа, 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). Кроме того, в настоящем разделе представлены оценки выбросов CO_2, CH_4 и N_2O при сжигании в факелах нефтяного (попутного) и природного газа при технологических процессах добычи и первичной переработки нефти и природного газа (рис. 3.48 – 3.50, соответственно). В кадастре этого года были введены новые национальные

коэффициенты выбросов CO_2 и CH_4 от сжигания попутного нефтяного газа, в связи с чем был выполнен перерасчёт выбросов для всего временного ряда от данной категории.

Сжигание нефтяного (попутного) газа является основным источником выбросов CO_2 от газоотведения и при сжигании в факелах – его доля составляет 99,26 % (рис. 3.48). В 2020 г. выброс CO_2 вырос на 93,7 % по сравнению с уровнем 1990 года. Динамику эмиссии метана определяет газоотведение при добыче нефти и газового конденсата – 59,20 %. В 2020 г. выброс CH_4 был на 24,7 % выше, чем в 1990 году (рис. 3.49). Наибольший вклад в суммарную эмиссию оксида диазота вносит сжигание нефтяного (попутного) газа (94,54 %). В 2020 г. эмиссия N_2O возросла на 84 %относительно 1990 года (рис. 3.50).

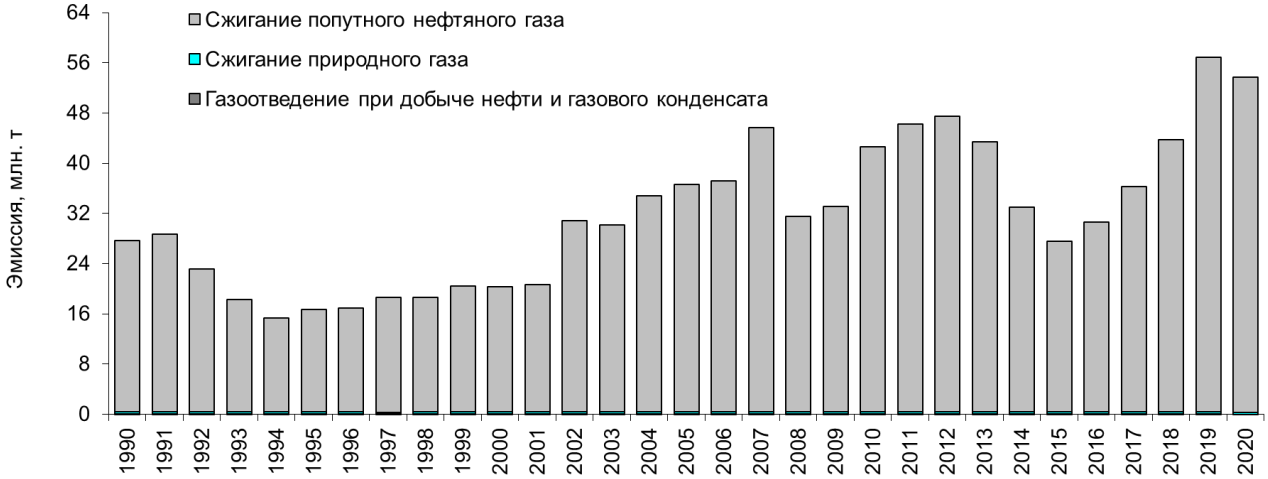

Рисунок 3.48 – Выбросы CO_2 от газоотведения и при сжигании в факелах

Рисунок 3.49 – Выбросы CH_4 от газоотведения и при сжигании в факелах

Рисунок 3.50 – Выбросы N_2O при сжигании в факелах

3.3.3 Методологические вопросы

3.3.3.1 Выбросы от твердых топлив (1.B.1)

3.3.3.1.1– Добыча угля подземным способом (1.B.1.a.1)

Данные о годовой добыче угля подземным способом приведены в таблице 3.25. Большая часть подземной угледобычи осуществляется в Северо-Западном и Сибирском федеральных округах (табл. 3.25). Сокращение добычи в Северо-Западном, Приволжском и Уральском федеральных округах связано с ее низкой экономической эффективностью и замещением угля природным газом на объектах теплоэнергетики. В 2020 г. добыча угля подземным способом снизилась на 41,2% по сравнению с уровнем 1990 года и составила 25,6% совокупной угледобычи в Российской Федерации.

Выбросы CH_4 рассчитывали по формуле 3.9, соответствующей уровню 2 (МГЭИК, 2006):

$$E_{CH_4} = \sum (AD_r \bullet EF_{CS} \bullet CF_{CH_4}) \qquad (3.9)$$

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, $м^3\ т^{-1}$; CF_{CH_4}– коэффициент пересчета объемных долей CH_4 в весовые ($0{,}67 \bullet 10^{-6}$ Гг $м^{-3}$ при плотности в условиях T = 20° C и давлении 1 атм. по (МГЭИК, 2006))

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 (табл. 3.26) (Тайлаков, 2009).

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 3.27. С 1990 по 2007 гг. данные предоставлены угледобывающими компаниями, а с 2008 по 2020 гг. включительно – Минэнерго России. До 2009 г. применение дегазации на угольных шахтах Российской Федерации было не обязательным. В 2009 г. вступили в силу «Методические рекомендации о порядке 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 метаноносность превышает 13 $м^3 т^{-1}$ сухой беззольной массы. Принятые нормативно-правовые документы способствовали увеличению утилизации CH_4.

Таблица 3.25

Добыча угля подземным способом в Российской Федерации

Годы	Добыча по федеральным округам, млн. т						
	Центральный	Северо-Западный[1]	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
2008	0,1	12,3	7,1	–	1,0	81,1	3,3
2009	0,1	11,2	4,9	–	0,2	86,1	4,3
2010[3]	0,1	12,7	4,7	–	0,5	82,5	3,3
2011[4]	–	12,9	5,2	–	0,1	77,6	4,8
2012[4]	–	13,0	5,6	–	0,1	80,2	6,7
2013[4]	–	13,2	4,7	–	0,0	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

[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 Россиии ФГБУ «ЦДУ ТЭК».

Таблица 3.26

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

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

Таблица 3.27

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

Годы	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Объем утилизации	25,21	20,35	21,38	55,57	32,32	32,32	13,25	68,01	78,77	82,0	79,39
Годы	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**			
Объем утилизации	73,45	78,37	85,85	61,78	48,98	51,29	65,04	54,22			

Выбросы от последующего обращения с углем, добытым подземным способом (1.B.1.a.1.ii)

Последующее обращение с углем, добытым подземным способом, включает его складирование на поверхности и последующую транспортировку. Расчет выбросов CH_4 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 CH_4 (EF_{CS}) (табл. 3.28). 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).

Таблица 3.28

Коэффициенты эмиссии CH_4 при последующем обращении с углем, добытым подземным способом (EF_{CS})

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина EF_{CS}, $м^3 \cdot т^{-1}$
Центральный	Подмосковный	0,6
Северо-Западный	Печорский	1,1
Южный	Донецкий	7,3
Приволжский	Кизеловский	0,6
Уральский	Махневско-Каменский и Челябинский	0,6
Сибирский	Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский и Тунгусский	3,0
Дальневосточный	Беринговский, Буреинский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский и Южно-Уссурийский	2,6

3.3.3.1.2– Добыча угля открытым способом (1.B.1.a.2)

Добыча угля открытым способом ведется в четырёх федеральных округах (табл. 3.29). В 2020 г. открытым способом было добыто на 36,2% угля больше, чем в 1990 году. Доля угля, добытого открытым способом, составила 74,4% 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. 3.30). 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).

Таблица 3.29

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
2008	0,2	0,6	0,5	2,4	190,9	29,0
2009	0,2	0,5	0,3	1,8	168,1	23,5
2010(2)	0,2	0,9	0,4	1,6	186,4	28,4
2011(3)	0,3	0,5	0,3	1,9	206,2	26,8
2012(3)	0,2	0,6	0,5	1,8	217,3	28,5
2013(3)	0,3	0,7	0,6	1,7	220,1	27,5
2014(3)	0,3	0,8	0,6	1,5	222,0	28,6
2015(3)	0,3	0,7	0,2	1,1	233,8	34,3
2016(3)	0,3	0,7	0,0	1,0	232,7	36,5
2017(3)	0,2	0,7	0,2	0,7	240,5	63,4
2018(3)	0,2	0,7	0,0	0	261,2	68,9
2019(3)	0,2	0,6	0	0	262,3	71,2
2020(3)	0,1	0,3	0	0	225,6	73

(1) Прочерк означает, что угледобыча прекращена.
(2) Получено расчетным путем по данным о добыче угля с 1990 по 2009 гг. включительно.
(3) Данные Минэнерго России и ФГБУ «ЦДУ ТЭК».

Таблица 3.30

Коэффициенты эмиссии CH4 при добыче угля открытым способом (EF_{CS})

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина EF_{CS}, м^3 • т$^{-1}$
Центральный	Подмосковный	2,0
Северо-Западный	Печорский	6,0
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
Дальневосточный	Буреинский, Западно-Камчатский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Саха-линский, Угловский, Ханкайский, Южно-Уссурийский и Южно-Якутский	5,6

Выбросы от последующих операций с углем, добытым открытым способом (1.B.1.a.2.ii)

Расчет выбросов CH_4 при последующем обращении с углем, добытым открытым способом, выполнялся по формуле 3.9 на основании данных о добыче угля (табл. 3.29), с использованием рекомендуемых МГЭИК коэффициентов выбросов. Принятый метод расчета соответствует уровню 1, величины использованных коэффициентов приведены в таблице 3.31 (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.31

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

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина EF_{CS}, $м^3 \cdot т^{-1}$
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

3.3.3.2 Выбросы при операциях с нефтью и газом (1.B.2)

В качестве исходных для расчета выбросов от операций с нефтью и природным газом использованы данные государственной статистической отчетности, приведенные в таблицах 3.32–3.34 (Российский статистический ежегодник, 2009; Российский статистический ежегодник, 2014; Российский статистический ежегодник, 2021; Промышленность России, 2008, Промышленность России, 2014 и др.).

Таблица 3.32

Показатели деятельности нефтяной отрасли Российской Федерации

Годы	Добыча нефти, млн. т	Добыча газового конденсата, млн. т	Первичная переработка нефти, млн. т	Транспортировка по магистральным трубопроводам, млн. т
1990	506,0	10,2	298	497,9
1995	298,5	8,3	182	287,9
2000	313,1	10,4	173	294,6
2005	452,9	17,3	208	454,1
2008	471,4	16,7	237	456,4
2009	478,3	16,1	237	474,4
2010	486,1	19,4	250	491,7
2011	491,9	20,5	258	543,8
2012	497,4	21,3	272	523,3
2013	497,5	24,2	281	524,6
2014	500,6	25,5	295	532,1
2015	503,2	31,5	287	543,3
2016	515,2	32,6	285	543,4
2017	514,6	31,9	284	553,4
2018	523,3	32,2	292	561,0
2019	527,6	33,4	290	567,7
2020	478,7	34,4	275	509,5

Показатели добычи и транспорта нефти были наименьшими в 1995 г., что обусловлено экономическими причинами. Экономический рост после 1995 года сопровождался активизацией экономической деятельности в нефтяной отрасли, и по большинству из показателей уровень 1990 года в настоящее время достигнут или превышен (табл. 3.32).

Динамика добычи горючего природного газа (естественного) также отражает социально-экономические изменения, происходившие в стране. В 2020 г. добыча природного газа уменьшилась на 0,3 % по сравнению с 1990 годом, добыча попутного нефтяного газа увеличилась на 138,15%. Показатели транспортировки газа по магистральным трубопроводам были на 5,83 % ниже уровня 1990 г. (табл. 3.33).

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.

Таблица 3.33

Показатели деятельности газовой отрасли Российской Федерации

Годы	**Добыча горючего природного газа (газа естественного), млрд. м^3**	**Транспортировка газа по магистральным трубопроводам, млн. т**
1990	600,4	543,3
1995	570,0	473,8
2000	555,1	511,2
2005	598,0	565,8
2008	612,5	578,6
2009	527,1	480,0
2010	593,5	536,6
2011	611,7	555,1
2012	592,0	541,1
2013	600,6	537,5
2014	568,8	512,0
2015	555,1	493,0
2016	556,8	509,4
2017	605,2	548,8
2018	636,2	566,4
2019	643,7	551
2020	598,8	511,6

Таблица 3.34

Сжигание нефтяного (попутного) газа в факелах, млрд. м^3

Годы	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
Объем сжигания	9,9	5,93	7,25	13,12	13,31	16,42	11,27	11,86	15,29	16,60	17,08
Годы	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**			
Объем сжигания	15,59	11,83	9,85	10,96	13,02	15,70	20,47	19,32			

ОАО «Газпром» при поддержке Правительства Российской Федерации осуществляет программу газификации субъектов Российской Федерации. Программа позволит использовать природный газ в качестве альтернативы другим видам ископаемого топлива и обеспечит сни-

жение выбросов парниковых газов. В результате проведенной работы средний уровень газификации в России к концу 2020 г. составил 71,4 %, в том числе в городах – 73,7 %, и в сельской местности – 64,8 %[18].

В целях обеспечения безопасности объектов нефтяной отрасли неиспользуемый нефтяной (попутный) газ сжигается в факелах. Данные по его сжиганию приведены в таблице 3.34 (Российский статистический ежегодник, 2009; Российский статистический ежегодник, 2021; Промышленность России, 2014 и др.). В 2020 г. объем сжигания нефтяного (попутного) газа увеличился по сравнению с 1990 г. на 94,9 % (табл. 3.34). Энергетической стратегией России предусмотрено увеличение уровня полезного использования попутного газа до 95 %. В свою очередь, объем попутного газа, сжигаемого в факелах, не должен превышать 5 % объема его добычи (Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 года № 889; Постановление Правительства России от 8 января 2009 г. № 7, Постановление Правительства России от 8 ноября 2012 г. № 1148,). С января 2013 г. плата за выбросы загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании нефтяного (попутного) газа свыше 5%, производится в пятикратном размере. Уровень полезного использования попутного газа в среднем по стране в 2020 г. составил 81,5 %, что на 0,6 % превышает уровень 1990 г. (Российский статистический ежегодник, 2021).

Выбросы парниковых газов и НМЛОС от бурения, опробования и обслуживания нефтяных скважин, добычи природного газа, нефти и газового конденсата, первичной переработки нефти и природного газа, транспорта нефти и газового конденсата, транспорта и хранения природного газа и газораспределения рассчитывали по формуле 3.10 (МГЭИК, 2006):

$$E_{газ,\ сегмент\ отрасли} = A_{сегмент\ отрасли} \bullet EF_{газ,\ сегмент\ отрасли}, \qquad (3.10)$$

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

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

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

Расчет выбросов от добычи нефти и газового конденсата выполнялись совместно. Выбросы от транспортировки рассчитывались отдельно для нефти и отдельно для газового конденсата с допущением, что весь добытый газовый конденсат транспортируется по магистральным газопроводам. Утечки при газораспределении рассчитывались по данным об общем потреблении газа, согласующимся с данными о его сжигании (раздел 1.А ОФД). 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. $м^3$), ρ – средневзвешенная плотность добываемой нефти/газового конденсата, ($т \bullet м^{-3}$); 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 $т \bullet м^{-3}$ и 771,75 $т \bullet м^{-3}$, соответственно (Демиденко, 2000; Демиденко, 2002; Уварова, 2012).

Учитывая химический состав и свойства добываемого природного газа, было принято, что весь добытый газ перерабатывается на установках для нейтрального газа. Пересчет объемных долей CH_4 в весовые производился с использованием коэффициента пересчета (CF_{CH_4}) величиной 0,667 г $м^{-3} \bullet 10^{-3}$, принятого для плотности метана в условиях T = 20° C и давлении 1 атм. (ГОСТ 30319.1-96).

В целях повышения качества оценок выбросов парниковых газов, были проведены исследования и разработаны национальные коэффициенты эмиссии CO_2 и CH_4 от отдельных категорий источников российской нефтегазовой отрасли. Исследования выполнялись по заказу

[18] https://www.gazprom.ru/about/production/gas-infrastructure-expansion/

Минэнерго России в 2016 году. 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; Dedikovetal., 1999; Эмиссии парникового газа, 2005; IEA, 2006, Уварова и др., 2017) и данных, предоставленных ПАО «Газпром» об измерениях выбросов метана на газотранспортных объектах с 2017 по 2018 гг.

Разработанные национальные коэффициенты для операций с природным газом прошли необходимую апробацию в соответствии с требованиями МГЭИК (МГЭИК, 2006; Уварова и др., 2017; Uvarova etal., 2017). Их значения были использованы для расчета выбросов метана и диоксида углерода от добычи и подготовки природного газа с 1990 до 2000 года. С 2000 г., «ПАО» Газпром» начал комплексную программу перевооружения газотранспортных объектов. В 2000 году была принята «Концепция энергосбережения ОАО «Газпром» на 2001–2010 гг.», затем утверждена Концепция энергосбережения и повышения энергоэффективности ОАО «Газпром» на период 2011–2020 гг. Мероприятия по сокращению потерь газа прописаны в программах энергосбережения, которые утверждаются ПАО «Газпром» каждые 3 года, кроме того постоянно реализуются программы реконструкции и технического перевооружения объектов транспорта газа, программы комплексного капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов. В связи с представлением ПАО «Газпром» официальных данных об измерениях утечек метана в 2016-2018 гг., которые позволили оценить удельный коэффициент выбросов метана от транспортировки прироного газа, и с учетом того, что ПАО «Газпром» является единственным оператором газотранспортной системы в России, в кадастре этого года были обновлены коэффициенты выбросов метана от магистрального транспорта природного газа в соответсвии с данными «ПАО» Газпром. С 2000 по 2017 год была проведена линейная интерполяция значений национальных коэффициентов утечек метана в соответсвии с Руководящими принципами МГЭИК (2006).

Специфика технологической деятельности российской газовой отрасли не позволяет определить национальные коэффициенты выбросов от отдельных операций, связанных с бурением, опробованием и обслуживанием газовых скважин, а также добычей и первичной переработкой добытого газа. Поэтому разработаны единые национальные коэффициенты CO_2 и CH_4, которые охватывают эмиссию от утечек и газоотведения, связанных с газовыми скважинами и первичной переработкой добытого газа. Также не представляется возможным разделить эмиссии от утечек и газоотведения при осуществлении магистрального транспорта газа по российской газотранспортной системе. Соответственно разработанные национальные коэффициенты эмиссии включают выбросы от утечек и газоотведения при осуществлении газотранспортных операций (Уварова и др., 2017; Uvarova et al., 2017, данные ПАО «Газпром» о выбросах метана на газотранспортных объектах).

Аналогично разработаны единые коэффициенты эмиссии CO_2 и CH_4, которые охватывают операции неэнергетического сжигания природного газа при его добыче и первичной переработке (Уварова и др., 2017; Uvarova et al., 2017).

Также, в настоящем кадастре были разработанны национальные коэффициенты выбросов CO_2 и CH_4 от сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках. Значения полученных коэфициентов разработанны на основе данных о среднзевешенном среднемноголетнем составе сжигаемого попутного нефтяного газа в Российской Федерации. Национальные коэффициенты выбросов CO_2 и CH_4 от сжигания попутного нефтяного газа в России полученны на основе иследований (Попов и др., 2021).

Значения национальных коэффициентов эмиссии, использованных для расчета выбросов метана и диоксида углерода от операций с природным газом в российском газовом секторе, приведены в таблице 3.35. Выполненные в настоящем кадастре расчеты выбросов CO_2 и CH_4 от добычи, первичной переработки и транспорта природного газа соответствуют уровню 2 МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.35

Национальные коэффициенты эмиссии CO_2 и CH_4 для расчета выбросов от операций с природным газом в настоящем кадастре

Вид деятельности (источник выбросов)	**Коэффициент эмиссии CO_2**	**Коэффициент эмиссии CH_4**	**Источник**
Добыча и первичная переработка природного газа[1)]	$4{,}29 \cdot 10^{-6}$Гг • 10^{-6} м$^{-3}$	$2{,}13 \cdot 10^{-4}$Гг • 10^{-6} м$^{-3}$	*Уварова и др., 2017; Uvarova etal., 2017*
Транспорт газа по магистральным трубопроводам до 2000г. [2)]	$7{,}38 \cdot 10^{-6}$Гг • 10^{-6} м$^{-3}$	$6{,}00 \cdot 10^{-3}$Гг • 10^{-6} м$^{-3}$	*Уварова и др., 2017; Uvarova etal., 2017;*
Транспорт газа по магистральным трубопроводам с 2017г. [2)3)]		$1{,}72 \cdot 10^{-3}$Гг • 10^{-6} м$^{-3}$	*Данные ПАО «Газпром» о выбросах метана на газотранспортных объектах*
Сжигание в факелах при добыче и первичной переработке газа	$5{,}68 \cdot 10^{-4}$ Гг • 10^{-6} м$^{-3}$	$1{,}01 \cdot 10^{-7}$ Гг • 10^{-6} м$^{-3}$	*Уварова и др., 2017; Uvarova etal., 2017;*

[1)] Национальный коэффициент эмиссии охватывает выбросы в результате утечек и газоотведения при бурении, опробовании и обслуживании газовых скважин, а также добыче и первичной переработке добытого газа (категории 1.B.2.b.1, 1.B.2.b.2 и 1.B.2.b.3 ОФД). Источник данных коэффициентов: Уварова и др., 2017; Uvarova etal., 2017.

[2)] Национальный коэффициент эмиссии охватывает выбросы в результате утечек и газоотведения при транспорте газа по магистральным трубопроводам (категории 1.B.2.b.4 и 1.B.2.c.1.ii ОФД). Источник данных коэффициентов: Уварова и др., 2017; Uvarova etal., 2017.

3) Коэффициент эмиссии CH_4 по данным ПАО «Газпром» был использован при оценке эмиссий с 2017г. С 2000 по 2017 гг. проводилась линейная интерполяция значений коэффициентов.

Коэффициенты эмиссии CO_2 и CH_4 для расчета выбросов при хранении и распределении природного газа, N_2O от его сжигания при добыче и первичной переработке и НМЛОС (NMVOC) от операций с природным газом были взяты из таблицы 4.2.4 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006), в которой приведены величины, рекомендуемые для развитых стран. 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 Правительства Российской Федерации № 1205, 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 ведущими западным нефтегазовым компаниям, а по ряду критериев превосходят их (Lechtenbohmer 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 3.36, коэффициентов эмиссии N_2O – в таблице 3.39 а коэффициентов эмиссии НМЛОС – в таблице 3.37. В таблице 4.2.4 приведен диапазон значений коэффициента эмиссии НМЛОС, для расчета выбросов взята средняя для диапазона величина, и ее значение приведено в таблице 3.37 (использованы значения, соответствующие переработке низкосернистого газа). Эти расчеты соответствуют уровню 1b МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.36

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**
Хранение природного газа (товарный газ)	$1{,}10 \cdot 10^{-7}$Гг • 10^{-6} м$^{-3}$	$2{,}50 \cdot 10^{-5}$Гг • 10^{-6} м$^{-3}$
Газораспределение	$5{,}10 \cdot 10^{-5}$Гг • 10^{-6} м$^{-3}$	$1{,}10 \cdot 10^{-3}$Гг • 10^{-6} м$^{-3}$

Таблица 3.37

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

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

Для расчета выбросов парниковых газов от 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 CO_2, CH_4, N_2O 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 3.39. Расчет выбросов при добыче нефти и газового конденсата производился с использованием коэффициентов эмиссии, рекомендуемых для обычной нефти, добываемой на суше. Использование данных коэффициентов обусловлено тем, что в Российской Федерации основной объём нефти добывается на суше и невозможно разделение статистических данных о добыче нефти по каждому из её видов (МГЭИК, 2006).Если в таблице 4.2.4 был приведен диапазон значений коэффициента, для расчета выбросов была взята средняя из диапазона величина, и ее значение представлено в таблице 3.39. Использование средней величины диапазона коэффициента выбросов также обусловленно 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 $4{,}3 \cdot 10^{-4}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$ (таблица 4.2.4; МГЭИК, 2006). Выбросы от сжигания нефтяного (попутного) газа в факелах рассчитывали с помощью разработанных национальных коэффициентов эмиссии для зарегистрированных сожженных объемов газа млн. м^3 (Попов и др., 2021). Выполненные расчеты соответствуют уровням 1b и 2 МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.38

Коэффициенты эмиссии для расчета выбросов от утечек при операциях с нефтью (МГЭИК, 2006)

Вид деятельности (источник выбросов)	**Коэффициент эмиссии CO_2**	**Коэффициент эмиссии CH_4**	**Коэффициент эмиссии N_2O**	**Коэффициент эмиссии NMVOC**
Бурение скважин	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	$3{,}30 \cdot 10^{-5}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	–	$8{,}70 \cdot 10^{-7}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$
Опробование скважин	$9{,}0 \cdot 10^{-3}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	$5{,}10 \cdot 10^{-5}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	$6{,}8 \cdot 10^{-8}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	$1{,}20 \cdot 10^{-5}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$
Обслуживание действующих нефтяных скважин	$1{,}9 \cdot 10^{-6}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	$1{,}10 \cdot 10^{-4}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	–	$1{,}70 \cdot 10^{-5}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$
Добыча нефти и газового конденсата	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$(1)	$1{,}80 \cdot 10^{-3}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$(1)	–	$2{,}25 \cdot 10^{-3}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$(1)
Транспорт нефти	$4{,}9 \cdot 10^{-7}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	$5{,}40 \cdot 10^{-6}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	–	$5{,}40 \cdot 10^{-5}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$
Транспорт газового конденсата	$7{,}2 \cdot 10^{-6}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	$1{,}10 \cdot 10^{-4}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	–	$1{,}10 \cdot 10^{-3}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$
Первичная переработка нефти	–	$2{,}18 \cdot 10^{-5}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$(1)	–	$1{,}30 \cdot 10^{-3}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$

(1)Использованна средняя величина из диапазона коэффициентов выбросов.

Таблица 3.39

Коэффициенты эмиссии для расчета выбросов от газоотведения и сжигания при операциях с нефтью и природным газом (МГЭИК, 2006)

Вид деятельности	**Коэффициент эмиссии CO_2**	**Коэффициент эмиссии CH_4**	**Коэффициент эмиссии N_2O**
Газоотведение при добыче нефти и газового конденсата	$9{,}5 \cdot 10^{-5}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	$7{,}2 \cdot 10^{-4}$ Гг • 10^{-3} м$^{-3}$	–
Сжигание в факелах при газодобыче	Включено в национальный коэффициент (таблица 3.34)	Включено в национальный коэффициент (таблица 3.34)	$2{,}1 \cdot 10^{-8}$ Гг • 10^{-6} м$^{-3}$
Сжигание в факелах при переработке газа			$2{,}5 \cdot 10^{-8}$ Гг • 10^{-6} м$^{-3}$
Сжигание в факелах нефтяного (попутного) газа	2,76 Гг • 10^{-6} м$^{-3}$(1)	$1{,}55 \cdot 10^{-2}$ Гг • 10^{-6} м$^{-3}$(1)	$2{,}3 \cdot 10^{-5}$ Гг • 10^{-6} м$^{-3}$(1)

(1)Национальный коэффициент эмиссии парниковых газов для зарегистрированных объёмов сожённого попутного нефтяного газа. Источник коэффициентов: Попов и др., 2021.

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 ведущими западным нефтегазовым компаниям, а по ряду критериев превосходят их (Отчет в области устойчивого развития, 2019; Экологический отчет, 2019; Седьмое национальное сообщение, 2018)[19].

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 Глобальном 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 национальные коэффициенты выбросов проходят дополнительные уточнения и апробацию, после чего они будут 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. 3.32) с использованием рекомендуемых МГЭИК величин коэффициентов эмиссии: 0,09 кг • $т^{-3}$ для CO, 0,06 кг • $т^{-3}$ для NO_x и 0,93 кг • $т^{-3}$ для SO_2 (IPCC, 1997; МГЭИК, 2000).

3.3.4 Оценка неопределенности и согласованность временных рядов

3.3.4.1 Выбросы от твердых топлив (1.B.1)

Оценку неопределенности данных о добыче угля в Российской Федерации в 2020 году производили на основе данных ФГБУ «ЦДУ ТЭК», Росстата (Российский статистический ежегодник, 2021) и компании «Бритиш Петролеум» (British Petroleum, 2021)[20]. Неопределенность данных о добыче угля составляет 0,29%.

Национальные коэффициенты эмиссии метана были определены на основе данных о выбросах из шахт и разрезов, эксплуатировавшихся в Российской Федерации с 1990 по 2005 гг. включительно. Выбранный период времени адекватно отражает 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 ±3,7. Неопределенность оценки коэффициента эмиссии метана при подземной добыче угля составила 19,2%.

При добыче угля открытым способом самое высокое из полученных значений неопределенности было 2,7%. Стандартная ошибка определения коэффициентов эмиссии составила ±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 – ±1,0, а неопре-

[19] https://www.gazprom-neft.ru/social/ecology/;
https://lukoil.ru/Responsibility/Ecology/environmentalprotection
https://lukoil.ru/Responsibility/SafetyAndEnvironment/Ecology/GasEmissionRegulation

[20] http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html

деленность – 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 16,4%, в 2020 г. - 20,6%, а неопределенность тенденции выбросов – 21,3%.

3.3.4.2 Выбросы при операциях с нефтью и газом (1.B.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 (Уварова и др., 2017) и 18% для значений, полученных по данным ПАО Газпром о выбросах метана на газотранспортных объектах. Значения неопределённостей для разработанных национальных коэффициентов выбросов CO_2 и CH_4 от сжигания попутного нефтяного газа составили 23% и 36% соответственно. 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 оксида диазота 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.B.2 в 1990 году составила 24,4%, а в 2020 году – 30,0 %, а неопределенность тенденции выбросов – 32,9 %.

Доминирующий вклад в обобщенную оценку неопределенности от нефтегазового сектора вносят выбросы метана от газораспределения и добычи нефти и газового конденсата и выбросы диоксида углерода от сжигания попутного нефтяного газа из-за их значительных абсолютных величин.

3.3.4.3 Обеспечение и контроль качества и верификация оценок

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.B.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.

Специализированные проверки включали согласованность данных и параметров при расчете выбросов во временном ряду с 1990 по 2020 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 связи с использованием разработанных и введёных в текущем кадастре значений национальных коэффициентов эмиссии диоксида углерода и метана от сжигания попутного нефтяного газа, был проведён перерасчёт эмиссий CO_2 и CH_4 от данной категории для всего временного ряда начиная с 1990 г.

Для выбросов метана от утечек и продувок при магистральном транспорте газа выполнен перерасчёт эмиссий с 2017 по 2020 гг. по новым коэффициентам с использованием данных ПАО «Газпром».

В ответ на рекомендации экспертов был указан дополнительный текст над таблицей 3.33 отражающий включение объёмов транзитного газа в общий объём транспортируемого газа в Российской Федерации. Была добавлена дополнительная колонка источников коэффициентов эмиссий к таблице 3.35. Также был добавлен текст после таблицы 3.37, обосновывающий использование средних значений коэффициентов для добычи нефти и газового конденсата на суше для развитых стран и добавлено примечение к таблице 3.38. Обоснование перехода к коэффициентам для развитых стран отражено в тексте после таблицы 3.39

3.3.4.5 Планируемые усовершенствования

В настоящий момент ведутся работы по дальнейшему уточнению и сбору данных для разработки национальных коэффициентов выбросов от продувок при добыче нефти и газового конденсата. Будет проведен углубленный анализ рекомендаций, содержащихся в отчете о рассмотрении национального кадастра, представленного в 2020 году, и их учет при выполнении оценок выбросов и разработке очередного кадастра.

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

4.1 Обзор по сектору

Инвентаризация выбросов парниковых газов в секторе «Промышленные процессы и использование продуктов» 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 парниковых газов по сектору в 2020 г. составила 241 732 Гг CO_2-экв.

С 1991 по 1998 гг. наблюдалось устойчивое снижение выбросов парниковых газов в секторе «Промышленные процессы», связанное с падением промышленного производства в Российской Федерации. В 1998 г. уровень выбросов парниковых газов в промышленности был минимальным и соответствовал 56,3% уровня 1990 г. С 1999 г. объем выбросов в промышленности постепенно увеличивался и достиг максимума в 2007 г. (76,0% от уровня 1990г.). В 2008 – 2009 гг. наблюдалось снижение выбросов парниковых газов в секторе «Промышленные процессы», связанное с падением производства из-за мирового экономического кризиса и, в меньшей степени, со снижением удельных выбросов парниковых газов от таких источников, как производство аммиака, первичного алюминия, ГХФУ-22 и гексафторида серы. Выброс парниковых газов в 2009 г. составлял 63,7 % от уровня промышленного выброса парниковых газов в 1990 г. С 2010 г. наблюдается устойчивый рост выбросов от промышленного сектора. В 2020 г. его объем составил 84,8% от уровня промышленного выброса парниковых газов в 1990 г.

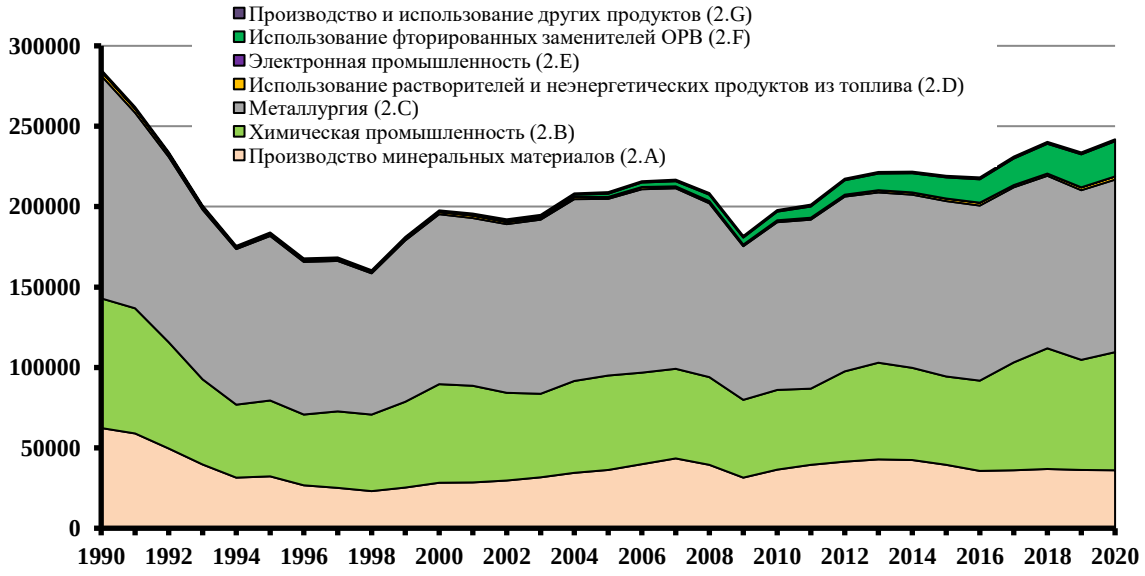

Рисунок 4.1 – Выбросы парниковых газов от сектора «Промышленные процессы» в 1990-2020 гг., Гг CO_2-экв.

Наиболее значительным источником выбросов в промышленном секторе является металлургия. Ее вклад в суммарный выброс парниковых газов в промышленности в 2020 г. составил 44,4%. Следующим по значению источником является химическая промышленность. Ее доля в суммарном выбросе – 30,3%. Доля выброса парниковых газов от производства минеральных продуктов составляет 14,9%. Результаты инвентаризации выбросов парниковых газов от сектора «Промышленные процессы и использование продуктов» представлены в таблице 4.1 и на рисунке 4.1.

Таблица 4.1

Выбросы парниковых газов *от сектора «Промышленные процессы и использование продуктов», Гг CO_2-экв.*

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство минеральных материалов														
62311	32344	28324	36201	36516	39453	41440	42865	42406	39409	35581	36106	36896	36324	36005
Химическая промышленность														
80709	47157	61330	58784	49448	47295	55949	59807	57067	54700	56017	66763	74789	68289	73365
Металлургия														
138498	102314	105662	109815	104270	105063	108620	106067	107684	109100	108839	108923	107245	105460	107255
Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива														
2758	1331	1293	1234	1129	1189	1310	1217	1521	1612	1758	1421	1524	1730	2008
Электронная промышленность														
5	2	5	8	17	17	12	12	15	9	25	18	19	26	20
Использование фторированных заменителей ОРВ														
8	36	209	2007	5343	7023	8887	10422	11871	13122	14633	16508	18484	20535	21925
Производство и использование других продуктов														
844	803	829	895	1049	1080	1030	1040	1117	1112	1167	1190	1203	1225	1155
Всего														
285132	**183987**	**197653**	**208945**	**197772**	**201120**	**217248**	**221430**	**221682**	**219065**	**218020**	**230928**	**240160**	**233589**	**241732**

4. Промышленные процессы и использование продукции (Сектор 2 ОФД)

4.2 Производство минеральных материалов (2.A)

4.2.1 Обзор

В этом субсекторе оцениваются выбросы CO_2 от производства цемента (2.A.1), от производства строительной и технологической извести (2.A.2), от производства стекла (2.A.3), от производства керамических изделий (2.A.4a), от использования кальцинированной соды (2.A.4b), от неметаллургического производства магнезии (2.A.4c) и от других видов использования карбонатов (2.A.4d).

Также оценивались выбросы SO_2 от производства цемента и NMLOC от производства стекла.

Основными источниками выбросов парниковых газов в данном субсекторе являются производство цемента (2.A.1) и извести (2.A.2), выбросы CO_2 от которых составили в 2020 г. 57,2% и 24,2% общего выброса парниковых газов от производства минеральных материалов (2.A). Выбросы CO_2 от других видов использования карбонатов(2.A.4d), производства стекла (2.A.3), производства керамических изделий (2.A.4a), неметаллургического производства магнезии (2.A.4c) и использования кальцинированной соды (2.A.4b) в 2020 г. составили, соответственно, 8,1%, 5,2%, 3,2%, 1,3% и 0,9% от общего выброса CO_2 в этом субсекторе. С 1990г. по 1998г. наблюдалось существенное снижение выбросов парниковых газов в субсекторе 2.A, связанное с падением производства. В 1998г. общий выброс парниковых газов от производства продукции из минерального сырья составлял 37,0% от уровня 1990г. С 1999г. наблюдался рост выбросов. В 2020 г. общий выброс парниковых газов в субсекторе 2.A составил 57,8% от уровня 1990г.

Результаты оценки выбросов CO_2 от производства минеральной продукции представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Выбросы CO_2 от производства продукции из минерального сырья, Гг.

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Производство цемента														
34609	16646	15113	22256	22723	25129	26332	27281	26453	23171	20432	20512	20091	20306	20581
Производство извести														
12501	7100	6891	7831	7540	7982	8418	8741	9300	9013	8852	8568	8666	8873	8711
Производство стекла														
455	322	386	683	1544	1623	1725	1735	1729	1657	1734	1777	1826	1863	1864
Производство керамических изделий														
2125	1203	941	1004	1163	1325	1493	1552	1613	1481	1253	1276	1224	1271	1156
Использование кальцинированной соды														
1114	598	548	608	409	409	351	327	423	363	345	365	301	338	311
Неметаллургическое производство магнезии														
2041	1583	1157	1294	1139	1178	1252	1170	1057	926	769	613	518	456	479
Другие виды использования карбонатов (использование доломитов для производства огнеупоров)														
9464	4893	3288	2526	1998	1807	1869	2060	1831	2798	2195	2994	4271	3216	2904
Всего														
62311	**32344**	**28324**	**36201**	**36516**	**39453**	**41440**	**42865**	**42406**	**39409**	**35581**	**36106**	**36896**	**36324**	**36005**

4.2.2 Методика расчетов

Выбросы CO_2 от производства цемента (2.A.1)

Выбросы CO_2 от производства цемента оценивалась по методу уровня 2 (IPCC, 2006) с использованием данных о производстве цементного клинкера – промежуточного продукта производства цемента, при получении которого и происходят выбросы CO_2. Расчетная оценка выброса CO_2 проводилась по формуле 2.2 (МГЭИК, 2006). Коэффициент эмиссии рассчитывался с учетом содержания CaO в клинкере в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 2006).

Использовалось национальное значение содержания CaO 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 CaO в клинкере российского производства. Содержание CaO в клинкере определялось на основании данных о содержании CaO в клинкере, полученных от 19 из 52 действующих цементных заводов с долей в производстве клинкера, составляющей 61% суммарного производства клинкера в Российской Федерации. Среднее значение содержания CaO 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 проверке национальных кадастров выполнена актуализация этого параметра с учетом изменений, имевших место в цементной промышленности Российской Федерации 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 В.И. и др., 2017, Василик Г.Ю., Еремина Е.М., 2017).

Эти значительные изменения в отрасли и ее сырьевой базе потребовали пересмотра значения национального содержания CaO в клинкере российского производства. Содержание CaO в клинкере определялось на основании данных о среднем содержании CaO 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 CaO 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 CaO 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 SO_2, равный 0,3 кг SO_2/т. произведенного цемента (IPCC, 1996).

Выбросы CO_2 от производства строительной и технологической извести (2.A.2)

Выбросы CO_2 от производства извести оценивались по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Для жирной извести использовался коэффициент эмиссии CO_2 по умолчанию (IPCC, 2006), равный 0,75 т CO_2/т произведенной извести. Для доломитовой извести использовался коэффициент эмиссии CO_2, равный 0,86 т CO_2/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 рассредоточенных предприятиях. Технологическая известь выпускается как крупными, так и мелкими производителями, как правило, для собственных нужд. В государственной статистике Российской Федерации 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 4.3

Производство цементного клинкера в России, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
65830	31663	28746	42333	43155	47724	49933	51734	50164	43873	38687	38839	38040	38448	38968

Таблица 4.4

Производство извести в России, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
16309	9263	8991	10216	9837	10413	10983	11404	12133	11759	11549	11179	11305	11577	11364

Выбросы CO_2 и НМЛОС от производства стекла (2.А.3)

Выбросы CO_2 от производства стекла оценивались по методике уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006). Расчеты выполнялись по формуле 2.11 (IPCC, 2006). Расчеты выполнялись раздельно 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 CO_2 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/см^3; 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/м^3 для стекловаты и 50 г/м^2 для стеклотканей.

Таблица 4.6

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

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Строительное[1,3], млн. м^2														
144,5	61,4	40,2	34,9	59,6	71,8	67,8	63,4	82,5	99,6	107,6	110,1	110,9	114,1	100,7
Листовое термополированное[1,2)4)], млн. м^2														
49,6	41,5	52,5	85,5	146,8	140,6	149,6	177,6	175,7	139,4	140,5	132,4	130,9	130,2	118,8
Трехслойное безосколочное[1)5)], млн. м^2														
2,8	1,6	1,6	1,7	2,3	2,5	2,9	2,7	3,3	3,5	4,7	5,2	5,8	5,8	5,1
Закаленное (сталинит)[1)6)], млн. м^2														
	3,0	3,9	5,6	3,8	4,4	4,7	5,2	4,9	4,6	4,9	6,8	8,7	8,8	5,5
Бутылки[7)], млн.шт.														
1414	1769	3001	7115	10985	11682	12400	11160	10521	9994	10586	10404	9667	10682	11130
Банки. млн. шт.														
414	518	773	1013	1566	1379	1725	1489	1588	1910	2002	2110	2187	2241	2729
Стеклохолст (стеклорогожка), тыс. м^2														
		5247	58330											
Ленты, ровинг (ровница) и пряжа из стекловолокна, стекловолокно рубленное, тыс. тонн														
				54,1	69,1	70,6	82,0	92,8	99,1	112,0	127,0	129,7	132,1	135,3
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. м3														
				53113	58459	63119	62423	61738	64244	67314	74133	82944	81327	84776

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 2010г. стекло безопасное закаленное (сталинит)
7) с 2010г. бутылки из стекла для напитков и пищевых продуктов

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

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.

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

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.

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

Выбросы CO_2 от других процессов с использованием карбонатов (2.A.4)

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

Выбросы CO_2 от производства керамических изделий (2.A.4a)

Выполнена оценка выбросов CO_2 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	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
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	6408	7261	7534	7854	7125	5912	5965	5670	5917	5342
Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен, тыс. $м^2$														
29700	20663	29011	58832	57439	61356	65575	70373	71552	76653	71862	76192	71207	67971	68198
Плитки керамические для полов, тыс. $м^2$														
11300	6398	12574	41317	69960	83475	88243	92608	93177	91838	92348	97735	101310	105140	98171
Плитки керамические фасадные разных расцветок, тыс. $м^2$														
16800	4950	1576	654	756	1508	2282	2686	3229	3171	3410	7606	8976	9547	9151
Изделия санитарные керамические, тыс. шт.														
6635	4407	5518	7742	11478	12354	12677	12976	12662	13880	14601	14763	15883	15351	13979

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 CO_2 от использования кальцинированной соды (2.A.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 CO_2/т использованной кальцинированной соды.

При оценке выбросов CO_2 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. Данные о внешней торговле с республиками Беларусь и Казахстан предоставлены Росстатом.

Таблица 4.11

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

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010[2)]**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Производство														
3240	1823	2201	2582	2670	2822	2807	2477	3052	3078	3234	3376	3416	3402	3348
Экспорт[1)]														
		479,9	544,1	298,6	566,5	628,6	495,5	479,5	621,4	714,7	810,0	845	698	733
Импорт[1)]														
		17,0	164,3	361,1	401,8	442,9	591,2	227,4	117,2	89,0	127,6	5,9	5,5	25,3
Количество кальцинированной соды, использованной для производства стекла														
484	343	418	738	1594	1671	1775	1786	1781	1698	1777	1813	1853	1895	1890

[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)

В национальном кадастре 2021 г. по требованию группы экспертов РКИК ООН по проверке национальных кадастров во избежание двойного учета выбросов CO_2 от производства стекла (2.A.3) и использования кальцинированной соды (2.A.4b) выполнен перерасчет выбросов для всего временного ряда с исключением выбросов CO_2, связанных с использованием соды в процессе варки стекломассы. Выбросы от использования кальцинированной соды при производстве стекла должны учитываться в категории 2.A.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 Н.М., 1973). Оценка объемов использования соды была выполнена для всех видов стекла: архитектурно-строительного, тарного и стекловолокна. Ре-

зультаты 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.A.4b.

Выбросы CO_2 от неметаллургического производства магнезии (2.A.4c)

Выбросы CO_2 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 CO_2 теряется полностью. 5% используется для производства кальцинированной магнезии, при производстве которой теряется 96-98% содержания CO_2 (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 $MgCO_3$ на этих месторождениях составляет 93,5%.

При расчетах использовался коэффициент выбросов МГЭИК, основанный на соотношении молекулярных весов магнезита и CO_2 и равный 0,522 тонны CO_2/тонну использованного магнезита.

В таблице 4.12 приводятся данные об объемах добычи магнезита в Российской Федерации (Сенаторов и др., 2006 – 2015). Данные об использовании магнезита в 2016 г. отсутствуют, поэтому в расчетах использовалась оценка, выполненная методом интерполяции. В 2017 – 2020 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	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017[2)]	2018	2019	2020
4654	3609	2637	2950	2575	2668	2816	2618	2238	1977	1579[1)]	1258	1064	935	982

[1)] *оценка*

[2)] *с 2017 г. Карбонат магния (магнезит) природный, магнезия и прочие оксиды магния*

Выбросы CO_2 от другого использования карбонатов (использование доломитов в качестве огнеупоров) (2.A.4.d)

Выбросы CO_2 от использования доломитов оценивались по методике уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006). Для оценки выбросов CO_2 использовался коэффициент эмиссии по умолчанию, равный 0,477 тонн CO_2/тонну доломита (IPCC, 2006), рассчитанный на основании стехиометрического уравнения для химически чистых доломитов.

Выбросы CO_2 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 Российской Федерации. 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 CO_2 используются данные Росстата о добыче доломитов.

Таблица 4.13

Расчет объемов использования доломитов в производстве огнеупорных материалов, млн. т.

1990	1995	2000	2005	2010[1)]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Объем добычи доломитов														
23,6	12,2	8,2	6,3	5,0	4,6	5,4	5,9	6,2	9,5	7,5	10,2	14,6	11,0	9,9
Использование доломитов в металлургии														
21,8	11,3	7,6	5,8	4,6	4,2	4,3	4,8	4,2	6,5	5,1	6,9	9,9	7,4	6,7

[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 CO_2 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.

Государственные стандарты определяют минимальное содержание MgO в доломитах, а также максимально допустимое содержание в сырье некоторых примесей: в том числе CaO в доломитах. Государственные стандарты 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 известняка рв 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 CO_2 использовалось среднее значение между чистыми (100%) доломитами и минимальным допустимым по ГОСТу содержанием доломитов в сырье (табл. 4.15).

Таблица 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 CO_2 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 CO_2, 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 от использования доломитов составляет около 8%.

Потребление кальцинированной соды. Неопределенность выбросов CO_2 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 1996-2020 гг. неопределенность выбросов CO_2 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.

В настоящем кадастре выбросов парниковых газов выполнены незначительные корректировки выбросов CO_2 в 2018 – 2019 гг. от производства стекла и использования кальцинированной соды, связанные с корректировкой Росстатом данных о деятельности.

4.3 Химическая промышленность (2.B)

4.3.1 Обзор

Для субсектора «Химическая промышленность» проводилась оценка выбросов следующих парниковых газов: CO_2 от производства аммиака (2.B.1), карбида кальция (2.B.5.a) и карбида кремния (2.B.5.b), диоксида титана (2.B.6), от нефтехимических производств (2.B.8); CH_4 от производства карбида кремния (2.B.5.b) и нефтехимических производств (2.B.8); N_2O от производства азотной кислоты (2.B.2), капролактама и глиоксаля (2.B.4). Кроме того, оценивались выбросы в атмосферу газов с косвенным парниковым эффектом: CO, НМЛОС, SO_2 от производства аммиака и NO_x от производства азотной кислоты, выбросы SO_2 от производства серной кислоты, НМЛОС, SO_2, CO, NO_x от производства технического углерода, НМЛОС от производства этилена, пропилена, полипропилена, полистирола, поливинилхлорида, полиэтилена, стирола, этилбензола и акрилонитрила (2.B.8). Также в кадастре проводилась оценка выбросов от производства фторсодержащих соединений (2.B.9), а именно оценка попутных выбросов трифторметана (ГФУ-23) при производстве хлордифторметана (ГХФУ-22) (2.B.9.a), а также оценка фугитивных выбросов при производстве других галоидоуглеводородов и гексафторида серы (2.B.9.b).

Адипиновая кислота (2.B.3) в России не производится, Выбросы CO_2 от производства кальцинированной соды (2.B.7) в Российской Федерации отсутствуют.

Результаты оценок выбросов парниковых газов представлены в таблице 4.16. В 1991-1998 гг. наблюдалось снижение выбросов, связанное с падением производства. В 1996г. выбросы парниковых газов в химической промышленности достигли минимального уровня и составляли 54,6% от выбросов 1990г. В 2020 г. суммарные выбросы парниковых газов от химической промышленности составили 73365 Гг CO_2-экв. или 90,9% от уровня 1990г.

Основным источником парниковых газов в химической отрасли являются выбросы CO_2 от производства аммиака, доля которых в 2020 г. составила 52,5%. Следующие по значимости источники парниковых газов – производство этилена, выбросы от которого составили 13,3% суммарного выброса парниковых газов в химической промышленности, и производство азотной кислоты, выбросы N_2O от которого составили 8,3% суммарного выброса парниковых газов в химической промышленности. Выбросы метана от производства карбида кремния, метанола, этилена, винилхлорида, окиси этилена, акрилонитрила и сажи (технического углерода) существенно ниже и в 2020 г. составляли 0,8% суммарного выброса парниковых газов в химической промышленности. Выбросы от производства фторсодержащих соединений в 2020 г. составили 17755 Гг CO_2 – эквивалента, что составляет 24,2% суммарного выброса парниковых газов в химической промышленности.

Таблица 4.16

Выбросы парниковых газов в химической промышленности, Гг CO_2-экв

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Выбросы CO_2 от производства аммиака														
31411	24910	25396	28637	29001	30308	30103	30709	31241	31893	33490	34794	36147	37765	38540
Стоки CO_2 при производстве карбамида														
-3299	-2910	-2425	-3362	-4029	-4241	-4346	-4481	-4404	-4727	-5305	-5864	-6038	-6329	-6440
Выбросы CO_2 от производства и потребления карбида кальция														
634	335	418	316	150	147	128	123	113	21	20	24	23	27	26
Выбросы CO_2 от производства карбида кремния														
84	101	110	140	180	178	191	165	168	185	175	185	204	206	218
Выбросы CO_2 от производства диоксида титана														
6,7	5,4	5,1	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выбросы CO_2 от производства метанола														
1680	1020	1282	1972	1971	2102	2229	2359	2393	2411	2451	2735	2940	3035	2962
Выбросы CO_2 от производства этилена														
5214	3590	4249	4726	5355	5553	5174	6025	5387	6001	6277	6431	6724	7010	9459
Выбросы CO_2 от производства винилхлорида (этилендихлорида/хлористого винила)														
131	80	147	176	163	171	184	186	182	163	145	145	145	145	145
Выбросы CO_2 от производства окиси этилена														
539	363	395	467	414	391	364	383	340	231	224	244	255	468	482
Выбросы CO_2 от производства акрилонитрила														
121	92	83	152	140	142	144	146	147	149	158	157	156	170	151
Выбросы CO_2 от производства сажи (технического углерода)														
2537	816	1116	1786	1749	1902	1910	2006	2054	2162	2319	2514	2695	2509	2410
Всего CO_2														
39060	**28401**	**30776**	**35014**	**35093**	**36654**	**36081**	**37622**	**37622**	**38489**	**39954**	**41363**	**43250**	**45005**	**47954**
Выбросы CH_4 от производства карбида кремния														
10	12	13	17	22	22	23	20	21	23	21	23	25	25	27

Продолжение таблицы 4.16

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Выбросы CH_4 от производства метанола														
144	88	110	169	169	180	191	202	205	207	210	235	252	260	254
Выбросы CH_4 от производства этилена														
174	120	142	158	179	185	173	201	180	200	209	214	224	234	315
Выбросы CH_4 от производства винилхлорида (этилендихлорида/хлористого винила)														
0,25	0,15	0,28	0,34	0,31	0,33	0,35	0,36	0,35	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Выбросы CH_4 от производства окиси этилена														
28	19	20	24	21	20	19	20	18	12	12	13	13	24	25
Выбросы CH_4 от производства акрилонитрила														
0,54	0,41	0,37	0,68	0,63	0,64	0,65	0,65	0,66	0,67	0,71	0,71	0,70	0,76	0,68
Выбросы CH_4 от производства сажи (технического углерода)														
1,45	0,47	0,64	1,02	1,00	1,09	1,09	1,15	1,18	1,24	1,33	1,44	1,54	1,44	1,38
Всего CH_4														
359	**239**	**287**	**370**	**393**	**410**	**408**	**446**	**425**	**444**	**455**	**487**	**517**	**546**	**624**
Выбросы N_2O от производства азотной кислоты														
3590	2283	2549	3481	4388	4557	4468	4640	4546	4946	5178	5396	5308	5605	6054
Выбросы N_2O от производства капролактама														
621	425	662	827	884	972	884	930	823	876	961	984	1043	1037	978
Выбросы N_2O от производства глиоксаля														
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Всего N_2O														
4211	**2708**	**3211**	**4308**	**5271**	**5529**	**5352**	**5569**	**5370**	**5822**	**6139**	**6380**	**6352**	**6642**	**7032**
Выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22														
35937	15426	26399	17862	8196	4399	9079	11489	13124	9452	9150	17987	24203	15661	17378
Фугитивные выбросы от производства ГФУ-23														
-	-	-	2,12	0,36	0,23	-	-	0,14	-	-	0,75	0,72	0,24	1,72

Продолжение таблицы 4.16

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Фугитивные выбросы от производства ГФУ-125														
-	-	3,31	21,40	4,11	7,03	1,27	-	0,15	-	-	1,76	7,14	0,18	-
Фугитивные выбросы от производства ГФУ-227ea														
-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Всего ГФУ														
35937	**15426**	**26402**	**17886**	**8200**	**4407**	**9080**	**11489**	**13124**	**9452**	**9150**	**17990**	**24211**	**15661**	**17379**
Фугитивные выбросы от производства CF_4														
1,17	2,67	13,78	9,11	2,40	3,17	-	2,53	0,83	0,48	0,53	0,73	0,95	0,68	0,36
Фугитивные выбросы от производства C_3F_8														
0,25	0,02	0,75	0,72	3,88	3,20	0,26	2,01	1,81	1,49	0,83	0,45	0,07	-	-
Фугитивные выбросы от производства c-C_4F_8														
2,42	0,09	3,20	5,92	0,24	3,39	2,04	2,23	2,54	3,65	6,49	4,70	4,23	12,30	15,73
Всего ПФУ														
3,84	**2,78**	**17,73**	**15,75**	**6,52**	**9,75**	**2,30**	**6,77**	**5,18**	**5,62**	**7,84**	**5,87**	**5,25**	**12,98**	**16,09**
Фугитивные выбросы от производства SF_6														
1138	**379**	**636**	**1190**	**484**	**286**	**5025**	**4674**	**521**	**488**	**311**	**537**	**454**	**422**	**360**
Всего выбросы парниковых газов от химической промышленности														
80709	**47157**	**61330**	**58784**	**49448**	**47295**	**55949**	**59807**	**57067**	**54700**	**56017**	**66763**	**74789**	**68289**	**73365**

4.3.2 Методика расчетов

Выбросы CO_2 от производства аммиака (2.B.1)

В настоящем кадастре оценка выбросов CO_2 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 Российской Федерации (по данным Росстата). Следует отметить, что с 2000 до 2013 г. наблюдалось постепенное снижения удельного потребления природного газа на производство 1 тонны аммиака: если в 1990 г. оно составляло для различных агрегатов 1228 – 1780 $м^3$/т, то в 2013г. – 973 – 1344 $м^3$/т. По полученным данным было рассчитано средневзвешенное удельное потребление природного газа для производства 1т аммиака.

При подготовке настоящего кадастра выбросов парниковых газов 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 показывают, что удельное потребление природного газа на производство аммиака продолжает снижаться и составляет в настоящее время от 963 до 1324 $м^3$/т, причем для большинства агрегатов (71% производства аммиака) удельное потребление природного газа не превышает 1100 $м^3$/т.

По предоставленным данным была выполнена оценка средневзвешенного удельного потребления природного газа при производстве аммиака в стране, которая составила в 2019 г. 1068,1 $м^3$/т. Для периода 2015 – 2018 гг. данные предприятий отсутствуют и удельное потребление природного газа для этого периода времени оценивалось по тренду.

С учетом полученных новых данных был выполнен перерасчет выбросов CO_2 от производства аммиака в 2015 – 2019гг.

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 CO_2, для производства аммиака оценивались выбросы НМЛОС, CO и SO2. Для этой оценки использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 1996), равные, соответственно, 4,7 кг НМЛОС/т аммиака, 7,9 кг CO/ т аммиака и 0,03 кг SO_2/т аммиака.

Согласно указаниям МГЭИК (IPCC, 2006), для получения выбросов CO_2, следует из общего количества CO_2, образовавшегося при производстве аммиака, вычесть количество CO_2, извлечённого для последующего производства карбамида.

Количество CO_2, необходимое для производства карбамида, оценивалось на основе данных Росстата об объемах производства карбамида (таблица 4.17) и расходного коэффициента, равного 0,733 т CO_2/на тонну произведенного карбамида (IPCC, 2006). Стоки CO_2 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	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Объем производства аммиака[1)2)], тыс. т														
12592	9657	10640	12473	13295	13924	13836	14434	14600	15152	16181	17100	18077	19224	19618
Удельное потребление природного газа, $м^3$/т														
1356	1402	1298	1249	1186	1183	1183	1157	1163	1144	1125	1106	1087	1068	1068
Объем производства карбамида, тыс. т														
4500	3970	3309	4586	5497	5786	5929	6113	6009	6449	7238	8000	8237	8635	8786

1) с 2010г. аммиак безводный
2) с 2017г. аммиак

Выбросы N_2O от производства азотной кислоты (2.B.2)

Производство азотной кислоты сопровождается выбросами закиси азота, как побочного продукта каталитического окисления аммиака при высокой температуре. Оценка выбросов N_2O 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 все производства азотной кислоты оснащены установками по каталитической очистке выбрасываемых в атмосферу газов (Пископпель, 2001). Поэтому для расчетов был выбран коэффициент эмиссии N_2O, равный 2 кг N_2O/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 NOx/ 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 парниковых газов 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.

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**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Производство нитрата аммония														
6614	4096	4667	6059	7968	8245	8032	8401	8222	9030	9446	9855	9616	10205	11101
Производство нитрата кальция														
	2,6	3,2	11,3	6,6	4,6	6,9	12,2	30,1	50,3	83,1	107,5[1)]	137,6[1)]	163,8[1)]	192,6[1)]
Производство нитрата натрия														
23,3	8,4	17,9	32,7	21,2	22,1	21,5	21,2	23,6	22,1	22,9	22,9	22,6	23,7	21,6
Производство нитроаммофосфатов														
1180	1922	1845	3071	3775	3912	3842	3856	3771	3876	3936	4025[2)]	4095[2)]	4178[2)]	4253[2)]
Расход азотной кислоты														
5469	3640	4080	5454	7094	7341	7159	7457	7313	7985	8351	8710	8560	9062	9803

[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**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Крепкая, в моногидрате[1)3)]														
649,2	227,7	205,6	162,9	117,2	121,3	131,2	127,7	114,6	108,2	117,7	113,6	98,9	81,6	81,1
Слабая, в моногидрате[4)]														
63,3	17,4	47,5	334,6	226,9	271,4	303,3	293,7	291,1	295,0	316,1	327,3[5)]	346,9[5)]	359,3[5)]	365,9[5)]
Слабая, использованная на производство минеральных удобрений														
5469	3640	4080	5454	7094	7341	7159	7457	7313	7985	8351	8710	8560	9062	9803
Всего, 100%- кислота[2)]														
6023	**3831**	**4277**	**5841**	**7362**	**7646**	**7497**	**7784**	**7628**	**8299**	**8688**	**9053**	**8906**	**9405**	**10158**

[1)] 1990г. – оценка ИГКЭ

[2)] Округленные значения

[3] С 2010г. кислота азотная концентрированная (крепкая) в моногидрате

[4] С 2010г. кислота азотная неконцентрированная (слабая) в моногидрате (товарный выпуск) и кислота азотная специальная в моногидрате концентрации 70 – 75%/.

[5] оценка ИГКЭ

Выбросы N_2O от производства капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты (2.B.4)

Производство капролактама и глиоксаля сопровождается выбросами закиси азота на стадии окисления аммиака (при производстве капролактама) и при окислении ацетальдегида (этаналя) (производство глиоксаля). Производство глиоксиловой кислоты в России отсутствует. Оценка выбросов N_2O 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 N_2O от производства капролактама производилась по формуле 3.9 (IPCC, 2006).

Для оценки выбросов N_2O от производства капролактама использовался коэффициент выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), равный 9 кг N_2O /т.

В Российской Федерации производство глиоксаля осуществляется с 2009 года. В настоящем кадастре выбросов парниковых газов выполнен перерасчет выбросов N_2O от производства глиоксаля. По опубликованным данным (Курина Л.Н., 2002; Михайлов В., 2012) глиоксаль в Российской Федерации производится с использованием технологии каталитического окисления этиленгликоля. Азотная кислота при производстве не используется и выбросы N_2O от производства глиоксаля отсутствуют.

Таблица 4.21

Производство капролактама и мощности по производству глиоксаля в России

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство капролактама, тыс. т[1]														
232	158	247	308	329	362	330	347	307	326	358	367	389	387	365
Мощности по производству глиоксаля, т														
0	0	0	0	1000	1000	1200	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500

[1] С 2010г информация Росстатом не разрабатывается

Выбросы CO_2 и CH_4 от производства карбида (2.B.5)

В данном разделе учтены выбросы CO_2 и CH_4 от производства карбида кремния (2.B.5.a) и выбросы CO_2 от производства и потребления карбида кальция (2.B.5.b).

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 остальная часть в избытке кислорода превращается в углекислый газ и выбрасывается в атмосферу.

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 1990-2020 гг. Эти данные приводятся в таблице 4.22.

Выбросы CO_2 и CH_4 рассчитывались по методике Уровня 2 (IPCC, 2006) на основе данных об объемах затрат нефтяного кокса при производстве карбида кремния. Для расчета выбросов метана использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 10,2 кг CH_4/тонну использованного нефтяного кокса. Для расчета выбросов CO_2 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 CO_2. Использование карбида кальция также сопровождается эмиссией CO_2.

Оценка выбросов CO_2 при производстве и потреблении карбида кальция проводилась по методике Уровня 1 (IPCC, 2006). Выбросы CO_2 от производства карбида кальция рассчитывались по данным Росстата об объемах производства 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 1996-2020 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. и в 2011-2020 гг. оценивались по данным Комитета таможенного контроля Министерства финансов Республики Казахстан и Росстата. Объемы взаимной торговли с Республикой Беларусь учитываются по данным Росстата.

Таблица 4.22

Производство карбида кремния и объемы затрат нефтяного кокса на его производство, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство														
36,5	43,8	47,9	60,8	72,9	73,0	70,2	73,5	73,0	78,3	75,2	79,5	86,6	86,5	81,3
Затраты нефтяного кокса														
40,1	48,1	52,7	66,9	85,9	85,0	91,3	79,2	80,5	88,4	83,7	88,3	97,4	98,4	104,2

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 CO_2 от производства и потребления карбида кальция, т CO_2/ 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	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство														
289,7	152,8	192,2	137,2	68,0	62,8	59,7	56,3	47,3	0,6	0,6	0,6[2)]	0,6[2)]	0,6[2)]	0,6[2)]
Экспорт[1)]														
		2,2	4,2	4,3	3,7	5,1	5,3	3,9	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3
Импорт[1)]														
		0,0	18,2	5,7	12,0	2,8	5,4	12,6	18,0	17,2	20,5	19,5	23,7	23,1
Потребление														
289,7	152,8	190,0	151,2	77,3	71,1	57,5	56,4	56,0	18,5	17,7	21,1	19,9	24,1	23,4

[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*

Выбросы CO_2 от производства диоксида титана (2.B.6)

Производство диоксида титана по хлоридному способу сопровождается выбросами CO_2 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 Российской Федерации диоксид титана производится только в ЗАО «Крымский Титан» по сульфатной технологиии, не приводящей к выбросам CO_2 (Адамова Н.А., 2016). Оценка выбросов CO_2 от производства диоксида титана проводилась с использованием методики Уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006).

Оценка выбросов CO_2 от производства диоксида титана выполнялась по формуле 3.12 (IPCC, 2006).

Для оценки выбросов CO_2 от производства диоксида титана использовался коэффициент выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), равный 1,34 т CO_2 /т произведенного диоксида титана.

Таблица 4.25

Производство диоксида титана хлоридным методом в России, тыс. т

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство диоксида титана, тыс. т	5,0	4,0	3,8	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Выбросы CO_2 и CH_4 от нефтехимического производства и производства сажи (2.B.8)

Оценка выбросов CO_2 и CH_4 от производства метанола, этилена, винилхлорида (этилендихлорида / хлористого винила), окиси этилена, акрилонитрила и сажи (технического углерода) проводилась по методике Уровня 1 (IPCC, 2006). Расчет проводился на основе данных об объемах производства каждого из видов продукции. При оценке выбросов CO_2 и метана использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), приведенные в таблице 4.26.

Таблица 4.26

Коэффициенты выбросов CO_2 (т /т. продукции) и CH_4 (кг /т. продукции)

Наименование продукции	Коэффициент выбросов CO_2, т /т. продукции	Коэффициент выбросов CH_4, кг/т. продукции
Метанол	0,67	2,3
Этилен	1,73	3
Винилхлорид	0,294	0,0226
Окись этилена	0,863	1,79
Акрилонитрил	1	0,18
Сажа (технический углерод)	2,62	0,06

Данные о производстве метанола, этилена, винилхлорида (этилендихлорида / хлористого винила), окиси этилена, акрилонитрила и сажи (технического углерода) предоставлены Росстатом (таблица 4.27). 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 Российской Федерации на одном предприятии и с 2015 г. в расчетах используются данные компании Лукойл об объемах его производства.

Таблица 4.27

Производство метанола, этилена, винилхлорида, окиси этилена, акрилонитрила, сажи (технического углерода), тыс. т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Метанол[2)]														
2508,0	1522,9	1914,1	2943,1	2941,9	3138,1	3327,5	3520,8	3571,9	3598,3	3658,8	4081	4388	4529	4421
Этилен														
2318,5	1596,3	1889,2	2101,4	2381,0	2469,2	2300,6	2679,1	2395,4	2668,5	2791,0	2859	2990	3117	4206
Винилхлорид														
445,7	271,0	501,6	598,1	553,9	581,2	624,8	631,6	620,2	555,5	493,4	493,4[4)]	493,4[4)]	493,4[4)]	493,4[4)]
Окись этилена[3)]														
474,4	271,0	307,2	391,5	479,3	453,3	421,5	443,8	393,6	267,8	259,1	282,5	295,4	542,8	558,5
Акрилонитрил														
121,0	92,0	82,8	152,0	140,3[5)]	142,0[5)]	143,8[5)]	145,5[5)]	147,3[5)]	149,0[6)]	158,1[6)]	157,4[6)]	155,9[6)]	169,6[6)]	151,4[6)]
Технический углерод[1)]														
968,4	311,4	426,0	681,6	667,7	726,0	728,9	765,7	784,1	825,1	885,1	959,6	1028,7	957,5	919,7

[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 2017 г. информация о производстве винилхлорида (хлорэтилена, хлорвинила) Росстатом не разрабатывается.

[5)] Оценка ИГКЭ

[6)] С 2015г. по данным предприятия-производителя.

При оценке выбросов CO_2 от производства этилена паровым крекингом учтен географический поправочный коэффициент по умолчанию для коэффициентов выбросов, равный 130% для России (IPCC, 2006).

Для оценки коэффициентов выбросов при производстве этилендихлорида и хлористого винила использованы значения для процесса по умолчанию (сбалансированный процесс производства этилендихлорида (ЭДХ) с интегрированным заводом по выпуску хлористого винила (ХВ)).

Кроме выбросов CO_2 и CH_4, для производства технического углерода оценивались выбросы НМЛОС, NOx, CO и SO2. Для этой оценки использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 1996), равные, соответственно, 40 кг НМЛОС, 0,4 кг NOx, 10 кг CO и 3,1 кг SO_2 на тонну произведенного технического углерода. Также оценивались выбросы SO_2 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 4.28.

Таблица 4.28

Производство отдельных видов продукции химической и нефтехимической промышленности, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Пропилен/ с 2010г. Пропен (пропилен)														
990	681	856	1022	1230	1220	1129	1329	1584	1810	1881	1996	1973	2163	2462
Полипропилен/ с 2010г. полипропилен в первичных формах/с 2017г. полимеры пропилена в первичных формах														
97,1	62,2	233	349	628	682	661	873	1052	1296	1410	1418	1409	1659	1958
Полистирол и сополимеры стирола / с 2010г. полимеры стирола в первичных формах														
202	98,6	92,2	228	309	348	383	469	540	536	536	537	552	558	586
Поливинилхлоридная смола и сополимеры винилхлорида / с 2010г. полимеры винилхлорида или прочих галогенированных олефинов в первичных формах														
490	283	480	580	599	639	650	652	722	848	824	963	1020	1054	1066
Полиэтилен / с 2010г. полимеры этилена в первичных формах														
767	685	923	1049	1531	1659	1552	1865	1601	1793	1947	2046	2196	2284	3200
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	647	636	651	629	691	718	568	552	501	479
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	384	374	375	390	446	457	0,77	9,17	31,09	256
Полиэтилен высокой плотности/ с 2010г. полиэтилен плотностью не менее 0,94 в первичных формах/ с 2017г. полиэтилен высокого давления														
391	340	434	475	794	934	853	1145	888	1017	1154	823	844	898	671
Стирол														
446	241	328	583	476	486	533	610	647	675	683	690	737	727	754
Этилбензол/ с 2017 г. этилбензолы														
	38,1	343	428	539	548	599	682	717	753	760	765	813	806	829

Использованные в расчетах коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 1996) представлены в таблице 4.29.

Таблица 4.29

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 SO_2 от производства серной кислоты выполнялась на основе данных Росстата об объемах производства серной кислоты по методике МГЭИК (IPCC, 1996). Коэффициент выбросов SO_2 принимался равным 17,5 кг SO_2 на тонну произведенной серной кислоты. Данные о производстве серной кислоты представлены в таблице 4.30.

Оценка выбросов CO, SO_2, NO_X приводится в таблице 4.31. Оценка выбросов НМЛОС в химической промышленности – в таблице 4.32.

Таблица 4.30

Производство серной кислоты в моногидрате в России, млн. т

1990	1995	2000	2005	2010[1)]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017[2)]	2018	2019	2020
12,8	6,9	8,3	9,5	8,5	9,8	10,3	9,6	9,5	9,7	11,0	11,8	12,3	12,7	12,7

[1)] *с 2010г. – кислота серная в моногидрате контактная*
[2)] *с 2017 г. – кислота серная*

Таблица 4.31

Выбросы косвенных парниковых газов (кроме НМЛОС) в химической промышленности, Гг

	Газ	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство аммиака	CO	99,5	76,3	84,1	98,5	105,0	110,0	109,3	114,0	115,3	119,7	127,8	135,1	142,8	151,9	155,0
	SO_2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
Производство азотной кислоты	NO_X	3,3	2,1	2,4	3,2	4,0	4,2	4,1	4,3	4,2	4,6	4,8	5,0	4,9	5,2	5,6
Производство технического углерода	CO	9,7	3,1	4,3	6,8	6,7	7,3	7,3	7,7	7,8	8,3	8,9	9,6	10,3	9,6	9,2
	NO_X	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	SO_2	3,0	1,0	1,3	2,1	2,1	2,3	2,3	2,4	2,4	2,6	2,7	3,0	3,2	3,0	2,9
Производство серной кислоты	SO_2	224,0	120,8	145,3	166,3	148,8	171,5	180,3	168,0	166,8	170,4	192,8	206,5	215,9	221,9	221,9

Таблица 4.32

Выбросы НМЛОС от производства химической продукции, Гг

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Аммиак	59,2	45,4	50,0	58,6	62,5	65,4	65,0	67,8	68,6	71,2	76,1	80,4	85,0	90,4	92,2
Технический углерод	38,7	12,5	17,0	27,3	26,7	29,0	29,2	30,6	31,4	33,0	35,4	38,4	41,1	38,3	36,8
Этилен	3,2	2,2	2,6	2,9	3,3	3,5	3,2	3,8	3,4	3,7	3,9	4,0	4,2	4,4	5,9
Пропилен	1,4	1,0	1,2	1,4	1,7	1,7	1,6	1,9	2,2	2,5	2,6	2,8	2,8	3,0	3,4
Полипропилен	1,2	0,8	2,8	4,2	7,5	8,2	7,9	10,5	12,6	15,6	16,9	17,0	16,9	19,9	23,5
Полистирол	1,1	0,5	0,5	1,2	1,7	1,9	2,1	2,5	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,2
Поливинилхлорид	4,2	2,4	4,1	4,9	5,1	5,4	5,5	5,5	6,1	7,2	7,0	8,2	8,7	9,0	9,1
Полиэтилен	3,6	3,2	4,1	4,5	6,9	7,7	7,1	9,0	7,3	8,3	9,2	7,0	7,1	7,3	6,2
Стирол	8,0	4,3	5,9	10,5	8,6	8,8	9,6	11,0	11,6	12,1	12,3	12,4	13,3	13,1	13,6
Этилбензол	–	0,1	0,7	0,9	1,1	1,1	1,2	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7
Акрилонитрил	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Всего	120,7	72,5	89,0	116,6	125,2	132,8	132,6	144,2	147,8	158,2	168,0	174,7	183,8	190,1	195,7

Производство фторсодержащих соединений (2.B.9)

Выбросы ГФУ-23 как побочного продукта при производстве ГХФУ-22 (2.B.9.a)

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 4.33.

Данные об объемах производства ГХФУ-22, сбора и улавливания ГФУ-23 в Российской Федерации приводятся в таблице 4.34.

Таблица 4.33

Коэффициенты попутных выбросов ГФУ-23 при производстве ГХФУ-22

	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
ОАО «Галополимер Пермь»															
Выход ГХФУ-22 по углероду, %	91,9	94,4	95,7	95,1	94,7	93,8	93,0	93,2	91,3	91,0	91,2	88,9	89,3	92,0	91,5
Выход ГХФУ-22 по фтору, %	86,7	88,1	90,2	89,8	88,8	87,6	87,0	87,6	86,5	86,4	86,7	85,6	86,8	87,3	85,2
Коэффициент выбросов ГФУ-23	0,069	0,055	0,044	0,047	0,054	0,059	0,063	0,061	0,072	0,073	0,072	0,084	0,079	0,066	0,074
ООО «Галополимер Кирово-Чепецк»															
Выход ГХФУ-22 по углероду, %				97,1	97,0	97,0	94,0	90,5	95,4	96,1	93,6	94,8	92,4	95,8	97,1
Выход ГХФУ-22 по фтору, %				88,8	91,0	91,0	87,6	84,3	89,0	90,3	90,1	88,3	84,5	89,2	88,3
Коэффициент выбросов ГФУ-23	0,073	0,073	0,073	0,042	0,036	0,036	0,058	0,081	0,048	0,042	0,053	0,053	0,073	0,046	0,043
ВОАО «Химпром»															
Выход ГХФУ-22 по углероду, %				84,7	77,5	82,1	80,0	85,0	84,0	84,0					
Выход ГХФУ-22 по фтору, %				78,9	68,8	73,4	73,0	76,0	77,0	77,0					
Коэффициент выбросов ГФУ-23				0,119	0,175	0,144	0,154	0,126	0,127	0,127					

Таблица 4.34

Производство ГХФУ-22, сбор и улавливание попутного ГФУ-23, т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство ГХФУ-22[1)2)]														
37054	16591	29888	30203	28382	32475	31534	21183	20776	20911	17460	23524	26946	21543	24045
Сбор и улавливание ГФУ-23														
217	72	127	190	753	1354	1474	822[3)]	535[3)]	575[3)]	508[3)]	370	394[)]	128	201

[1)] Данные Минпромторга России, в 2007-2016 гг. – данные Росстата.
[2)] С 2010г. дифторхлорметан (хладон-22); с 2017 г. информация Росстатом не разрабатывается.
[3)] В 2013-2016гг. фактические данные о сборе и улавливании получены не полностью. Сбор побочного ГФУ-23 на одном из предприятий оценивался на основании среднегодового уровня сбора ГФУ-23 в предыдущие годы.

Фугитивные выбросы при производстве галоидоуглеводородов и гексафторида серы (2.B.9.b)

В период 1990-2020 гг. на предприятиях России производились следующие фторированные соединения:

- ГФУ: трифторметан (ГФУ-23), пентафторэтан (ГФУ-125), дифторэтан (ГФУ-152а), гептафторпропан (ГФУ-227еа);
- ПФУ: тетрафторметан (CF_4), октафторпропан (C_3F_8), октафторциклобутан (с-C_4F_8).

Производился также гексафторид серы (SF_6).

Данные по объемам производства ГФУ, ПФУ и гексафторида серы в 1990-2020 гг. собраны на предприятиях-производителях Минпромторгом России и представлены в таблице 4.35.

Таблица 4.35

Производство галоидоуглеводородов и гексафторида серы в России, т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ГФУ-23														
0	0,04	0	28,61	4,89	3,14	0	0	1,88	0	0	10,18	9,73	3,28	23,21
ГФУ-125														
0	0	189,00	1222,70	234,82	401,46	72,84	0	8,67	0	0	100,40	407,77	10,50	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	85,84	0	68,42	22,52	13,04	14,20	19,79	25,75	18,48	9,76
C_3F_8														
5,75	0,51	17,00	16,20	87,80	72,40	6,00	45,60	40,89	33,76	18,69	10,10	1,50	0	0
с-C_4F_8														
46,92	1,70	62,20	114,96	17,1	60,7	39,58	43,30	49,41	70,80	127,0	91,19	82,09	238,85	305,50
SF_6														
244,71	90,26	162,76	849,58	933,46	1122,67	1275,52	1184,02	1319,23	1189,46	1166,55	1304,73	912,37	1110,18	1256,38

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 хладона.

Гексафторид серы (SF_6) повышенной чистоты в России производится на двух предприятиях: ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» и ОАО «Галополимер Пермь». В настоящем кадастре выбросов парниковых газов расчет фугитивных выбросов SF_6 проводился с использованием данных предприятий-производителей об объемах производства гексафторида серы и удельных выбросах гексафторида серы в атмосферу. Данные об удельных выбросах при производстве гексафторида серы приводятся в таблице 4.36.

Таблица 4.36

Удельные выбросы при производстве гексафторида серы по данным предприятий-производителей, %

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ОАО «Галополимер Пермь»														
20,4	18,4	22,1	4,9	2,9	1,2	26,8	25,6	2,0	2,0	1,0	1,7	1,5	1,1	1,2
ООО «Галополимер Кирово-Чепецк»														
–	–	0,9	7,6	1,2	1,0	0,9	0,9	0,9	1,4	1,5	2,0	3,3	2,7	1,4

4.3.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2.B 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 глиоксаля
- 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)).

Использовались формулы расчета неопределенностей от суммы и произведения независимых случайных величин (Зайдель, 1985; IPCC, 2006).

Производство аммиака. Неопределенность коэффициентов выбросов CO_2 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 N_2O 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 N_2O 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 N_2O от производства глиоксаля составляет 10% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных об объемах производства глиоксаля – 30%.

Неопределенность оценки выбросов N_2O при производстве капролактама составляет 40%, глиоксаля – 32%.

Производство карбида кремния. Неопределенность коэффициентов выбросов CO_2 и CH_4 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 CO_2 и CH_4 от производства карбида кремния определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 10%.

Производство и использование карбида кальция. Неопределенность коэффициентов выбросов CO_2 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 CO_2 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 сажи. Неопределенность коэффициентов выбросов CO_2 от производства в нефтехимической промышленности составляет от 10 до 60%. Неопределенность коэффициентов выбросов CH_4 от производства в нефтехимической промышленности составляет от 10 до 85%.

Неопределенность данных об объемах нефтехимического производства и производства сажи составляет 3%.

Производство метанола

Неопределенность оценок выбросов CO_2 от производства метанола полностью определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 30%.

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 зависит от неопределенности коэффициентов выбросов и неопределенности географического поправочного коэффициента и составляет 32%.

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 составляет 15%.

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%.

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. перерасчет выбросов CO_2 от производства аммиака в 2015 - 2019 гг. с учетом полученных от предприятий-производителей данных об удельном расходе природного газа на производство аммиака;
2. перерасчет выбросов CO_2 и CH_4 от производства этилена в 2019 г. в связи с корректировкой Росстатом данных о деятельности;
3. перерасчет выбросов от производства глиоксаля с учетом технологии, применяемой в Российской Федерации при производстве глиоксаля.

4.4 Металлургия (2.C)

4.4.1 Обзор

Для субсектора «Металлургия» проводилась оценка выбросов следующих парниковых газов: 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 магниевого литья также отсутствуют. Результаты расчетов представлены в таблице 4.37.

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 парниковых газов, связанное с падением производства и экономическим кризисом. В 1998г. выброс парниковых газов от металлургии составлял 63,4% от уровня 1990г. В 2020 г. суммарный выброс парниковых газов от металлургии составил 107255 Гг CO_2-эквивалента, что соответствует 77,4% от уровня выбросов в металлургии в 1990г.

Основным источником выбросов в металлургии является выплавка чугуна и стали (2.C.1), выброс от которой в 2020 г. составил 89,5% общего выброса парниковых газов в металлургической промышленности. Следующим по значению источником является производство первичного алюминия (2.C.3). В 2020 г. выброс от этого источника составил 7,4% общего выброса. Выброс парниковых газов от производства ферросплавов (2.C.2) в 2020 г. составил 2,8% общего выброса. Выбросы парниковых газов от производства свинца и цинка составляют лишь 0,1% и 0,1% суммарного выброса парниковых газов в металлургии.

Таблица 4.37

Выбросы парниковых газов в металлургии, Гг CO_2-экв

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Выбросы CO_2 от производства окатышей, чугуна, стали и железа прямого восстановления														
115377	82147	87795	94208	90261	91237	94487	92517	94775	95757	95560	96585	95668	94008	95924
Выбросы CO_2 от производства ферросплавов														
2848	1732	2435	3117	3595	3868	3907	3833	3881	3762	3335	3308	3387	3230	3022
Выбросы CO_2 от производства алюминия														
4880	4794	5342	6001	6574	6454	6685	6112	5791	5897	6130	6136	6255	6448	6506
Выбросы CO_2 от производства свинца														
29	14	26	33	67	65	67	58	56	63	62	75	75	86	90
Выбросы CO_2 от производства цинка														
180	107	153	127	155	159	161	141	145	126	135	167	165	134	139
Всего CO_2														
123315	**88794**	**95752**	**103486**	**100652**	**101783**	**105306**	**102661**	**104648**	**105605**	**105222**	**106271**	**105551**	**103906**	**105682**
Выбросы CH_4 от производства чугуна, стали и железа прямого восстановления														
74	74	87	100	101	103	104	104	105	107	107	106	103	104	106
Выбросы CH_4 от производства ферросплавов														
17	11	19	20	24	28	28	27	28	28	25	23	25	23	23
Всего CH_4														
92	**85**	**106**	**120**	**125**	**130**	**132**	**132**	**133**	**136**	**132**	**129**	**128**	**127**	**128**
Выброс CF_4 от производства алюминия														
13080	11697	8477	5521	3125	2823	2865	2982	2648	3066	3179	2291	1412	1291	1308
Выброс C_2F_6 от производства алюминия														
2011	1738	1328	688	368	327	317	294	255	294	306	233	153	137	137
Всего ПФУ														
15091	**13436**	**9804**	**6209**	**3493**	**3150**	**3182**	**3275**	**2903**	**3360**	**3485**	**2524**	**1565**	**1428**	**1445**
Всего														
138498	**102314**	**105662**	**109815**	**104270**	**105063**	**108620**	**106067**	**107684**	**109100**	**108839**	**108923**	**107245**	**105460**	**107255**

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 чугуна и стали проводилась в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 2006). Для расчета использовался метод второго уровня МГЭИК, предусматривающий раздельную оценку выбросов CO_2 для доменного производства чугуна и для выплавки стали. Отдельно оценивались выбросы CO_2 при производстве железа прямого восстановления по методу уровня 3 (IPCC, 2006). По методу уровня 1 оценивались выбросы CO_2 от производства окатышей, а также выбросы CH_4 от производства агломерата и железа прямого восстановления.

В настоящем кадастре расчет выбросов CO_2 от производства агломерата, чугуна и стали выполнялся 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, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2011; Катунин и др. 2013; Катунин и др., 2015, 2017, Катунин и др., 2019, Катунин и др., 2020, Катунин и др., 2021).

Производство агломерата. Выбросы CO_2 от производства агломерата оценивались по методике уровня 2 МГЭИК по формуле 4.10 (IPCC, 2006). Количество коксовой мелочи и природного газа, использованного для производства агломерата, рассчитывалось по отраслевым данным 2013 г. по удельному расходу на тонну агломерата. Удельный расход коксовой мелочи - 47,5 кг/тонну произведенного агломерата, удельный расход природного газа – 12,3 $м^3$/тонну агломерата. Содержание углерода в коксовой мелочи принималось равным содержанию углерода в коксе (84,66%). 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.

Производство чугуна. При производстве чугуна и стали, в Российской Федерации в качестве восстановителя на подавляющем большинстве предприятий используется кокс. Единственное исключение – Оскольский электрометаллургический комбинат(ОЭМК) и Лебединский ГОК, где применяется технология прямого восстановления железа из руды.

Эмиссия CO_2 от производства чугуна оценивалась по формуле 4.9 (IPCC, 2006). Содержание углерода в коксе (84,66%) в соответствии со значением, которое используется в секторе «Энергетика» национального кадастра. 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). 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.

Для оценки выбросов CO_2, связанных с известняковыми флюсами, использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 0,440 тонн CO_2/тонну известняка, рассчитанный на основании стехиометрических уравнений для химически чистых известняков и доломитов.

Используемые в промышленности известняки 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 CO_2 вводился поправочный коэффициент, учитывающий наличие некарбонатных примесей в известняках.

Для определения допустимого наличия примесей, использовались требования, предъявляемые к известнякам, используемым в качестве флюсов в металлургии.

Государственные стандарты определяют минимальное содержание CaO в известняках, используемых в металлургии, и представлены в таблице 4.38.

Для использования известняков в металлургии определялось среднее минимальное допустимое содержание карбонатных пород в сырье. Для корректировки выбросов CO_2 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%.

Таблица 4.38

Государственные стандарты для известняков, используемых в черной металлургии

Область применения	Минимальное содержание CaO, %	Соответствующее минимальное содержание химически чистого известняка, %	Источник информации
Сырье доменное, агломерационное, электросталеплавильное, ферросплавное 1сорт	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

Данные об удельном использовании кокса, угля, природного газа и известняка для производства чугуна представлены в таблице 4.39.

Таблица 4.39

Удельное потребление топливно-энергетических ресурсов и известняка в производстве чугуна

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Удельный расход кокса, кг/тонну														
468,6	486,0	467,6	448,2	439,8	439,8	429,5	419,3	417,2	407,7	413,7	407,2	394,0	394,7	393,4
Удельный расход каменного угля, кг/тонну														
-	-	-	-	-	-	6,2	12,4	16,7	23,2	19,3	24,8	37,5	34,3	37,9
Удельный расход природного газа, $м^3$/тонну														
91,0	99,0	92,1	99,5	100,3	100,3	99,15	98	96,5	96,9	98,3	98,1	97,7	97,2	100,3
Удельный расход известняка, кг/тонну														
180,0	180,0	161,2	151,8	107,8	137,9	137,9	137,2	137,9	142,4	135,9	132,8	134,8	119,9	119,6

Производство железа прямого восстановления. Железо прямого восстановления на ОЭМК производится с использованием способа Midrex, главным отличием которого является технология конверсии природного газа в восстановительный газ. Конверсия в этом процессе осуществляется диоксидом углерода CO_2, содержащимся в отходящем из печи колошниковом газе по реакции:

$$CH_4 + CO_2 = 2CO + 2H_2$$

На Лебединском ГОКе для производства железа прямого восстановления используются технологии HYL и Midrex.

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. С 2011 г. производство железа прямого восстановления запущено еще на одном предприятии. Данные об удельном потреблении природного газа на этом предприятии отсутствуют, поэтому для расчетов были приняты средние значения удельного потребления природного газа в отрасли.

Данные о производстве железа прямого восстановления и среднем удельном потреблении природного газа приводятся в таблице 4.40. Среднее содержание углерода в железе прямого восстановления составляет от 1,1 до 1,7%.

Таблица 4.40

Производство, экспорт и импорт железа прямого восстановления и средний удельный расход природного газа на производство в России.

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство железа прямого восстановления[1)], тыс. тонн														
1683	1678	1919	3203	4703	5293	5502	5687	5630	5777	6056	7217	8068	8091	7983
Удельный расход природного газа, м3/т жпв														
365,9	341,4	325,2	319,5	315,7	314,5	314,1	313,2	309,9	304,6	306,7	304,5	301,3	300,8	299,7
Экспорт железа прямого восстановления, тыс. тонн														
н/д	н/д	481,3	1338,0	1898,0	2144,5	2099,5	2370,1	2191,5	2207,1	2289,0	2867,0	3654,1	4274,4	3932,7
Импорт железа прямого восстановления, тыс. тонн														
н/д	н/д	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,2

[1)]С 2017 г. продукты прямого восстановления железной руды и прочее губчатое железо в кусках.

Производство стали. Оценка выбросов CO_2 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)).

По данным Минпромторга России содержание углерода в чугуне и стали составляет 4,3% и 0,25% соответственно. При расчете выбросов CO_2 от производства стали использовались эти значения. Удельный расход электродов в электропечах принят равным 2,3 кг/т электростали, что соответствует национальным условиям производства электростали в Российской Федерации.

Таблица 4.41

Производство чугуна, в том числе передельного, стали, электростали, окатышей, агломерата и проката черных металлов в России, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство чугуна														
59387	39758	44584	49175	48010	47986	50459	49945	51460	52411	51873	52128	51793	51184	52003
В том числе передельного чугуна														
55812	38494	43352	47930	47584	47453	50064	49551	51109	52152	51611	51911	51603	51015	51855
Экспорт передельного чугуна														
2549	2889	3691	5132	4039[1)]	4409	4105	4100	4359	5340	5139	4822	5774	4252	4185
Импорт передельного чугуна														
–	174	2,2	2,5	0,1[1)]	0,8	0,5	0,5	0,3	0,2	13,2	95,8	539,9	43,0	9,0
Производство стали														
89622	51589	59150	66262	66844	68114	70392	68862	70547	69422	69813	73095	74319	73883	73802
В том числе электростали[2)]														
13361	6619	8711	13604	19122	20488	19964	19510	21167	19920	21554	23900	24100	25120	24502
Производство проката черных металлов														
63737	39035	46712	54661	57708	59510	60036	59169	61219	60435	60473	60484	61650	61639	61768
Производство окатышей														
28000	26467	30761	35708	37376	38428	39005	39416	39684	40932	42880	48787	52177	52041	51735
Производство агломерата														
42264	42264	49593	56717	57108	57855	58759	58750	59275	60519	60014	59528	57955	58333	59201

[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

При оценке выбросов CO_2 использовались данные Росстата о количестве передельного (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 передельного чугуна (Госкомстат Российской Федерации, 1992, 1996, 1998, 2000; Росстат, 2005 – 2019).

Статистические данные приводятся в таблице 4.41.

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, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2011; Катунин и др., 2015, 2017, 2018,2019,2020,2021) и представлены в таблице 4.42.

Таблица 4.42

Удельный расход сырья в производстве стали.

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Удельный расход стального лома, кг/тонну														
460,5	379,0	374,1	397,3	345,6	356,0	333,7	331,1	339,6	329,7	371,0	370,0	381,1	340,8	293,6
Удельный расход чугунного лома, кг/тонну														
10	15	11	6,1	2,4	2,1	2,3	1,5	2,9	2,4	2,2	2,1	1,2	1,1	1,6
Удельный расход природного газа, $м^3$/тонну														
40,5	39,5	28,2	19,7	9,7	9,5	8,2	5,9	3,9	3,4	3,2	3,4	3,3	3,0	3,2

При оценке выбросов CO_2 от производства стали по методу уровня 2 МГЭИК учитывается также горячебрикетированное железо, произведенное на Лебединском ГОКе и использованное в Российской Федерации, для производства стали.

Отдельно оценивались выбросы CO_2 от производства электростали на ОЭМК по методу уровня 3 МГЭИК на основании данных предприятия о производстве стали, потреблении металлизированных окатышей, стального лома и углеродных электродов, содержании углерода в сырье и конечной продукции.

Производство окатышей. Выбросы CO_2 от производства окатышей оценивались по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) по формуле 4.8. В расчетах использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 0,03 т CO_2/тонну произведенных в стране окатышей, и данные Росстата об объемах производства окатышей (таблица 4.41).

Выбросы CH_4 от производства агломерата и железа прямого восстановления. Выбросы CH_4 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 CH_4/тонну агломерата и 1 кг CH_4/ТДж природного газа, использованного при производстве железа прямого восстановления. Данные Росстата об объемах производства агломерата представлены в таблице 4.41.

Кроме оценки выбросов CO_2, проведена оценка выбросов NOx, НМЛОС, CO, SO_2 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 4.43) и данные Росстата о выпуске чугуна и проката, которые приводятся в таблице 4.41.

Таблица 4.43

Коэффициенты выбросов NOx, НМЛОС, CO, SO_2 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 CO_2 от производства ферросплавов (2.C.2)

Оценка выбросов CO_2 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 и металлического кремния. Объемы производства получены из базы данных Росстата и представлены в таблице 4.44.

Таблица 4.44

Производство ферросплавов в России, тыс. т

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Ферросплавы доменные														
281	82,5	91,8	110,1	174,9	148,3	161,1	192,6	178,8	155,7	124,2	252,6[2)]	280,9	272,8	238,4
Ферросилиций, в пересчете на 45% содержание кремния														
633	372	672	742	899	1031	1048	1021	1061	1058	936	840	929	846	880
Феррохром 60%[1)]														
476	354	294	584	527	517	493	471	441	363	268	434	332	384	343
Силикомарганец 92%														
–	–	–	–	156,1	149,5	164,2	167,5	176,4	188,9	203,2	44,9	43,3	44,4	-
Ферросиликохром 40% (товарный)														
16,4	76,7	91,0	85,4	54,8	59,3	56,3	57,8	67,0	102,0	71,3	80,9	90,0	79,1	59,7
Металлический кремний														
48	41	63	58	50	58	58	55	55	60	59	56	57	48	27

[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 2012-2020 гг. – данные из отчетов ОК «РУСАЛ».

Для расчета выбросов использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006): 1,5 т.CO_2/т ферромарганца, 2,5 т. CO_2/т ферросилиция 45%, 1,6 т CO_2/т. феррохрома, 1,4 т CO_2/т. силикомарганца, 5,0 т CO_2/т. металлического кремния.

Оценка выбросов CH_4 от производства ферросилиция и металлического кремния выполнялась по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Использовались коэффициенты выбросов по умолчанию: 1,2 кг CH_4/тонну металлического кремния и 1,0 кг CH_4/тонну ферросилиция.

Выбросы CO_2, ПФУ от производства алюминия (2.C.3)

Выбросы CO_2. Оценка выбросов CO_2 от производства алюминия производилась по методике уровня 1 (IPCC, 2006). Использовались коэффициенты эмиссии по умолчанию: 1,7 т CO_2/т выплавленного алюминия для производства с использованием технологии Содерберга, и 1,6 т.CO_2 /т. алюминия для технологии с предварительно обожженными анодами (IPCC, 2006).

В настоящем кадастре использовались данные ОК «РУСАЛ» об объемах выплавки первичного алюминия в 1990-2019 гг. по технологиям Содерберга и предварительно обожженных анодов. Данные по выплавке первичного алюминия приводятся в таблице 4.45 по данным федеральной статистики (Росстат, 1998, 2004-2020).

Данные о производстве первичного алюминия с применением различных технологий на алюминиевых заводах компании «РУСАЛ» приводятся в таблице 4.46.

Таблица 4.45

Производство первичного алюминия в России, % к предыдущему году

Годы	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Объем производства	103,0	104,0	103,0	102,0	98,4	89,9	98,5	89,5	94,1	95,5	92,3	94,9	114,5	103,6	98,5

Таблица 4.46

Доля использования различных технологий в производстве первичного алюминия в России, %

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Электролизеры Содерберга с верхним токоподводом (VSS)														
74,4	72,8	69,1	66,0	61,9	62,0	62,3	66,1	66,8	65,8	63,6	63,5	64,1	62,1	61,6
Электролизеры Содерберга с боковым токоподводом (HSS)														
15,8	13,8	13,8	13,0	7,3	7,8	7,1	4,3	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	1,8
Электролизеры с предварительным обжигом анодов без применения АПГ и периферийной загрузкой (SWPB)														
9,8	13,4	15,6	2,6	2,1	2,3	2,0	0,2	–	-	-	-	-	-	-
Электролизеры с предварительным обжигом анодов с применением АПГ и центральной загрузкой (CWPB)														
–	–	1,5	18,4	28,7	27,9	28,6	29,3	31,3	32,3	34,6	34,6	34,0	36,1	36,6

Выбросы ПФУ. Оценка выбросов перфторуглеродов CF_4 и C_2F_6 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, 2017-2020 гг. эти данные детализированы для всех цехов каждого из 13 алюминиевых заводов, работающих на территории Российской Федерации. 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 CF_4 и C_2F_6 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 КрАЗе 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 2022 г. выполнен перерасчет выбросов ПФУ от производства алюминия в 2017 – 2019 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.C.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 1990-2020 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 1990-2020 гг. используется обозначение NO (не происходят).

Выбросы CO_2 от производства свинца (2.C.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 4.47.

Таблица 4.47

Производство свинца и цинка в России, % к предыдущему году

Годы	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Производство свинца	87	107	98	96	107	98	103	87	96	114	99	120	101	114	104
Производство цинка	88	121	104	89	117	101	101	88	103	87	107	124	99	81	104

Выбросы CO_2 от производства цинка (2.C.6)

Оценка выбросов CO_2 от производства цинка выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006).

Производство первичного цинка в Российской Федерации в настоящее время осуществляется на двух предприятиях: ОАО «Челябинский цинковый завод», 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 в 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 4.47.

4.4.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2C 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 – 2019 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 2022 г. в подсекторе «Металлургия» выполнены следующие перерасчеты:

1. перерасчет выбросов CO_2 от производства чугуна, агломерата и стали для всего временного ряда. Перерасчет выполнен с целью использования единого значения углеродного содержания кокса в секторах «Энергетика» и «Промышленные процессы и использование продукции».
2. перерасчет выбросов ПФУ от производства алюминия в 2017 – 2019 гг. в связи с переходом на оценку выбросов по методике третьего уровня МГЭИК для ряда предприятий алюминиевой промышленности.
3. перерасчет выбросов CO_2 от производства свинца в 2016 – 2019 гг в связи с корректировкой Росстатом данных о деятельности.

4.5 Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива

4.5.1 Обзор

Для субсектора «Использование растворителей и неэнергетических продуктов» проводилась оценка выбросов CO_2 от использования смазочных материалов и твердых парафинов. Кроме того, по рекомендации группы экспертов по проверке национальных кадастров выбросов выполнена оценка выбросов CO_2 от использования карбамида в системах селективного каталитического восстановления окислов азота в выхлопных газах автомобилей с дизельными двигателями. Результаты оценки представлены в таблице 4.50.

В 2020 г. суммарный выброс CO_2 от субсектора составил 2008 Гг или 72,8% от уровня выбросов 1990 г. Основным источником выбросов CO_2 является использование смазочных материалов (2.D.1) – 91,3% от суммарного выброса от субсектора. Выбросы CO_2 от использования твердых парафинов (2.D.2) и от систем селективного каталитического восстановления (2.D.3) существенно меньше и составляют 6,9% и. 1,8% соответственно.

Кроме того, выполнялась оценка выбросов НМЛОС от производства асфальтовых кровельных покрытий, использования асфальта для дорожных покрытий и использования растворителей.

4.5.2 Методика расчетов.

Выбросы CO_2 от использования смазочных материалов (2.D.1)

Оценка выбросов CO_2 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.

При оценке выбросов CO_2 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 1996-2020 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. Данные о производстве смазочных материалов, их экспорте и импорте представлены в таблице 4.48.

Таблица 4.48

Производство, экспорт и импорт смазочных материалов в России, тыс. тонн

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Нефтяные смазочные масла															
Производство	4971	2550	2647	2778	2719	2628	2572	2628	3089	3234	4084	4158	4227	5318	5832
Экспорт	504	504	737	1028	1379	1225	987	1229	1125	1038	1714	2280	2285[1)]	3046	3093
Импорт	62	62	83	167	317	371	422	417	413	328	335	246	358	364	362
Смазки пластичные и суспензии для нанесения смазочных покрытий															
Производство	41	41	46	33	10	14	11	7	7	3	5	16	19	27	31

[1)] *Оценка ИГКЭ*

Выбросы CO_2 от использования твердых парафинов (2.D.2).

Оценка выбросов CO_2 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.

При оценке выбросов CO_2 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 1996-2020 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 4.49.

Таблица 4.49

Производство, экспорт и импорт парафинов в России, тыс. тонн

	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Производство	150	150	196	198	274	253	216	242	191	191	249	251	246	243	253
Экспорт	12	12	8,9	30	25[1)]	30	24	24	22	20	19	20	21	17	17
Импорт	1,1	1,1	1,2	0,6	1,0[1)]	1,2	1,3	0,9	0,9	0,8	1,0	0,8	1,0	1,2	1,1

[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.

Таблица 4.50

Выбросы CO_2 от использования смазочных материалов, твердых парафинов и карбамида, Гг.

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Использование смазочных материалов														
2676	1249	1182	1135	976	1048	1185	1072	1402	1488	1596	1255	1359	1558	1833
Использование твердых парафинов														
82	82	111	99	147	133	114	129	100	102	136	137	133	134	140
Использование карбамида в системах селективного каталитического восстановления														
-	-	-	-	5	9	12	16	19	22	26	29	31	38	36
Всего														
2758	**1331**	**1293**	**1234**	**1129**	**1189**	**1310**	**1217**	**1521**	**1612**	**1758**	**1421**	**1524**	**1730**	**2008**

Выбросы CO_2 от использования карбамида в системах селективного каталитического восстановления (2.D.3)

Оценка выбросов CO_2 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 – 2010 гг автомобилей экологического класса Euro-4, Euro-5 и Euro-6 в Российской Федерации не было, поэтому выбросы CO_2 от этого источника отсутствовали.

В 2013 – 2020 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). Для 2010 – 2012 г. выбросы CO_2 оценивались методом экстраполяции.

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 парниковых газов 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 Российской Федерации в 1990 – 2008 гг. учитывались два типа нефтебитума, используемого не для дорожных покрытий: кровельный нефтебитум и строительный нефтебитум, а в 2009 – 2020 гг. учитывается суммарное количество нефтебитума строительного, кровельного, изоляционного и аналогичного. Суммарные данные об объемах производства приводятся в таблице 4.51.

Для оценки выбросов НМЛОС использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 2,4 кг НМЛОС/тонну окисленного нефтебитума.

Таблица 4.51

Производство битумов нефтяных строительных, кровельных, изоляционных и аналогичных в России, тыс. т

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
2987	1010	1036	916	719	764	783	762	689	653	683	606	667	618	723

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 парниковых газов оцениваются выбросы только от использования холодных асфальтобетонных смесей для дорожных покрытий.

Органы государственной статистики Российской Федерации 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 EMEP/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 4.52.

Таблица 4.52

Производство нефтяного битума дорожного и холодных асфальтобетонных смесей, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон (холодные), тыс.т														
		704	535	249	305	316	471	290	295	310	324	173	119	90
Нефтебитум дорожный жидкий, тыс. т														
7665	3955	3785	3208,5	4059,0	4657,8	5269,4	5421,5	5033,4	4571,4	5228,2	5690,7	6028,2	6343,0	6803
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 EMEP/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 EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 2005) и данные Росстата о численности населения Российской Федерации в 1990-2020 гг. (табл. 4.53).

Таблица 4.53

Численность населения России (на начало года)[1)], млн. чел.

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
147,7	148,4	146,9	143,8	142,9	142,9	143,0	143,3	143,7	146,3	146,5	146,8	146,9	146,8	146,7

[1)] С учетом итогов всероссийских переписей населения 2002 и 2010гг.; 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 EMEP/CORINAIR (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 растворителей для обезжиривания и химической чистки использовался коэффициент выбросов, равный 0,85 кг НМЛОС /на душу населения/ в год (табл. 8.1.1 руководства EMEP/CORINAIR) и данные Росстата о численности населения Российской Федерации в 1990-2020 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 EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA, 2005). Коэффициенты выбросов НМЛОС, использованные в расчетах, приводятся в таблице 4.54.

Таблица 4.54

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 неэнергетических продуктов из топлива» представлены в таблицах 4.55 и 4.56.

Таблица 4.55

Выбросы НМЛОС от использования растворителей, Гг

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Использование красителей														
665	668	661	647	643	643	644	645	647	658	659	661	661	661	660
Обезжиривание и химическая чистка														
126	126	125	122	121	121	122	122	122	124	125	125	125	125	125
Прочие														
982	988	977	956	950	950	951	953	955	973	974	976	977	976	976
Всего														
1772	1782	1763	1726	1714	1714	1717	1720	1724	1755	1758	1762	1763	1761	1761

Таблица 4.56

Выбросы НМЛОС от субсектора «Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива», Гг.

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство асфальтовых кровельных покрытий														
7,2	2,4	2,5	2,2	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,7
Использование асфальта для дорожных покрытий														
420	217	225	171	80	98	101	151	93	94	99	104	55	38	29
Использование красителей														
665	668	661	647	643	643	644	645	647	658	659	661	661	661	660
Обезжиривание и химическая чистка														
126	126	125	122	121	121	122	122	122	124	125	125	125	125	125
Прочие														
982	988	977	956	950	950	951	953	955	973	974	976	977	976	976
Всего														
2200	**2001**	**1991**	**1899**	**1795**	**1814**	**1820**	**1873**	**1818**	**1851**	**1859**	**1867**	**1819**	**1801**	**1792**

4.5.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2.D оценка неопределенностей выбросов CO_2 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 CO_2 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 2022 г были в субсекторе «Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива» был выполнен перерасчет выбросов CO_2 от использования смазочных материалов в 2019 г. Перерасчет выполнен в связи с корректировкой данных ФТС.

4.6 Электронная промышленность

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 4.57.

Таблица 4.57

Выбросы ПФУ от электронной промышленности, Гг CO_2 экв.

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Выбросы фторсодержащих соединений от производства полупроводниковых микросхем и LCD														
NF_3														
-	-	-	-	-	-	0,06	0,11	0,14	0,10	0,56	0,17	0,20	0,01	1,06
ПФУ-14														
0,58	0,11	1,04	1,74	7,61	6,87	5,57	5,41	5,50	2,33	5,74	7,92	8,16	8,69	4,45
ПФУ-116														
0,39	0,01	0,34	0,49	0,26	0,59	0,16	0,10	0,15	0,15	0,81	0,18	0,41	1,70	1,82
ПФУ-218														
-	-	1,02	1,72	1,70	1,70	0,45	0,34	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,03
ПФУ-318с														
0,33	0,01	0,28	0,41	0,22	0,50	0,14	0,08	0,11	0,11	0,49	0,08	0,24	1,19	1,42
ГФУ-23														
-	-	-	0,33	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,16	0,16	0,16
ГФУ-32														
-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02
SF_6														
0,97	0,82	0,67	0,52	0,37	0,34	0,31	0,29	0,26	0,20	0,21	0,30	0,32	0,33	0,37
Итого														
2,27	**1,12**	**3,36**	**5,22**	**10,42**	**10,24**	**6,92**	**6,53**	**6,67**	**3,36**	**8,28**	**9,12**	**9,83**	**12,40**	**9,32**

Продолжение таблицы 4.57

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Выбросы фторсодержащих соединений от производства солнечных батарей														
NF_3														
-	-	-	-	-	-	0,30	0,62	0,95	1,20	7,61	-	-	-	1,06
ПФУ-14														
0,58	0,02	0,51	0,74	5,24	4,78	4,14	4,04	5,20	2,73	5,58	6,78	7,10	8,33	3,84
ПФУ-116														
0,39	0,01	0,34	0,49	0,26	0,59	0,16	0,10	0,15	0,15	0,81	0,18	0,41	1,70	1,82
ПФУ-218														
-	-	-	-	-	-	-	-	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,18	0,10
ПФУ-318с														
0,65	0,03	0,57	0,82	0,43	0,99	0,27	0,16	0,23	0,22	0,98	0,15	0,48	2,38	2,85
ГФУ-23														
-	-	-	0,33	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,16	0,16	0,16
SF_6														
0,97	0,82	0,67	0,52	0,37	0,34	0,31	0,29	0,26	0,20	0,21	0,30	0,32	0,33	0,37
Итого														
2,59	**0,89**	**2,08**	**2,90**	**6,56**	**6,94**	**5,40**	**5,40**	**8,00**	**5,70**	**16,38**	**8,59**	**9,52**	**14,07**	**10,19**
Итого выбросы фторсодержащих соединений от электронной промышленности														
4,86	**2,01**	**5,44**	**8,12**	**16,97**	**17,18**	**12,32**	**11,93**	**14.67**	**9.05**	**24.67**	**17.71**	**19.35**	**26,47**	**19,51**

В 2020 г. выбросы фторсодержащих соединений в электронной промышленности составили 19,5 Гг CO_2-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 парниковых газов 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 – 2020 гг. Этот анализ, данные, полученные от крупнейшего предприятия отрасли – завода «Микрон», а также оценки, выполненные маркетинговой компанией (Академия конъюнктуры промышленных рынков, 2007), позволили сделать оценку объемов использования фторсодержащих соединений в электронной промышленности. Эта оценка является предварительной и требует в дальнейшем существенного уточнения.

Таблица 4.58

Использование фторсодержащих соединений в электронной промышленности, кг

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство интегральных микросхем и LCD														
NF_3														
-	-	-	-	-	-	411	687	885	614	3632	1078	1274	66	6831
ГФУ-23														
-	-	-	628	467	435	403	371	343	298	279	242	300	300	300
ГФУ-32														
-	-	-	274	274	274	274	274	591	591	404	3456	2899	126,6	2520
CF_4														
-	-	-	-	10426	8363	8363	8363	8363	3077	7502	11829	11829	10355	2401
C_2F_6														
-	-	-	-	-	-	-	-	30	30	350	143	188	440	200
C_3F_8														
	513	3216	5402	5361	5361	1430	1081	1000	1000	1000	1000	1000	1000	100
C_4F_8-c														
3509	136	3056	4430	2342	5357	1477	865	1221	1182	5282	818	2613	12822	15363
SF_6														
1186	1004	821	639	456	420	383	357	312	238	260	370	394	400	450
Производство солнечных батарей														
NF_3														
-	-	-	-	-	-	1921	3977	6110	7762	49169	-	-	-	6831
ГФУ-23														
-	-	-	628	467	435	403	371	343	298	279	242	300	300	300
CF_4														
-	-	-	-	10426	8363	8363	8363	8363	3077	7502	11829	11829	10355	2401
C_2F_6														
-	-	-	-	-	-	-	-	30	30	350	143	188	440	200
C_3F_8														
-	-	-	-	-	-	-	-	3281	3281	3281	3281	3281	3701	302
C_4F_8-c														
3509	136	3056	4430	2342	5357	1477	865	1221	1182	5282	818	2613	12822	15363
SF_6														
1186	1004	821	639	456	420	383	357	312	238	260	370	394	400	450

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 промышленных рынков, 2007). Данные о потреблении ГФУ и ПФУ в стране представлены в таблицах 4.60 и 4.61. 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 4.58.

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 перерасчеты выбросов в этой категории источников не проводились.

4.7 Использование фторированных заменителей ОРВ

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 4.59.

Выбросы от субсектора «Использование галоидоуглеводородов и гексафторида серы» в 2020 г. составили 21 925 Гг CO_2-эквивалента, что в 2889 раза больше выбросов в этом субсекторе в 1990 г. Основным источником выбросов является «Кондиционирование воздуха и охлаждение» (2.F.1). Его доля в 2020 г. составила 90,1% 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 2020 г. 4,2%, 3,2%, 2,5% соответственно.

На долю ГФУ приходится 99,1 % выбросов от субсектора. Доля выбросов ПФУ составляет 0,9%.

Таблица 4.59

Выбросы от использования ГФУ и ПФУ, Гг CO_2-экв.

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Системы кондиционирования воздуха и охлаждения															
ГФУ-23		-	-	156,98	281,28	293,47	349,55	331,11	358,41	400,20	362,29	380,21	388,30	372,42	411,16
ГФУ-32		-	0,32	12,61	54,07	121,77	177,89	232,55	284,64	325,90	369,94	419,12	479,04	552,22	619,94
ГФУ-125		-	5,20	242,35	1020,60	1622,66	2161,77	2723,25	3254,46	3727,91	4294,06	4934,79	5601,94	6323,79	6952,20
ГФУ-134а		21,13	97,66	512,38	2004,11	2504,15	3144,27	3623,44	4007,68	4268,25	4617,77	5022,61	5490,62	6074,86	6331,35
ГФУ-152а		-	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
ГФУ-143а		-	5,95	286,86	1119,40	1486,26	1849,11	2255,81	2637,36	3019,19	3513,46	4077,92	4606,43	5087,16	5424,97
Итого ГФУ		**21,13**	**109,1**	**1211,2**	**4479,5**	**6028,3**	**7682,6**	**9166,2**	**10542,6**	**11741,5**	**13157,5**	**14834,7**	**16566,3**	**18410,4**	**19739,6**
ПФУ-218		-	-	-	-	3,30	3,21	2,73	5,03	6,10	9,09	9,59	11,88	11,96	12,03
Пенообразователи															
ГФУ-134а	-	-	5,56	470,14	175,10	207,32	245,88	251,43	274,04	255,32	265,87	314,47	351,89	434,80	370,03
ГФУ-152а	-	-	-	34,97	41,17	55,23	120,75	90,25	51,53	38,45	64,01	47,39	73,14	126,14	113,93
ГФУ-227еа	-	-	-	-	9,03	4,22	4,01	4,58	6,83	7,46	13,86	14,16	12,79	11,23	12,50
ГФУ-365mcf					29,58	13,82	13,12	15,02	22,37	24,43	45,40	46,39	41,90	36,78	40,95
Итого ГФУ	-	-	**5,56**	**505,11**	**254,89**	**280,59**	**383,77**	**361,28**	**354,76**	**325,65**	**389,14**	**422,41**	**479,73**	**608,94**	**537,41**
Противопожарная защита															
ГФУ-125	-	-	9,48	84,58	260,77	321,62	368,72	397,93	423,57	458,46	479,71	510,92	552,81	575,95	607,83
ГФУ-227еа	-	-	0,11	3,69	19,67	24,43	31,55	39,52	47,00	54,95	62,79	79,01	92,90	108,78	126,57
Итого ГФУ	-	-	**9,59**	**88,27**	**280,44**	**346,06**	**400,27**	**437,44**	**470,57**	**513,41**	**542,50**	**589,94**	**645,72**	**684,73**	**734,39**
ПФУ-318с	7,59	14,85	41,01	75,91	115,84	125,11	125,80	125,16	127,94	127,08	139,44	138,42	141,30	166,21	196,12
Аэрозоли															
ГФУ-134а	-	-	43,48	99,28	134,13	136,35	163,51	176,01	215,19	240,88	214,07	242,79	301,32	312,33	317,98
ГФУ-152а	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,18	1,27	1,30	0,25	0,07	0,03	0,00	0,00
ГФУ-227еа	-	-	-	27,13	77,77	101,96	126,25	151,45	151,35	163,99	178,40	266,62	333,48	335,70	381,36
Итого ГФУ	-	-	**43,48**	**126,41**	**211,89**	**238,31**	**289,76**	**327,64**	**367,81**	**406,18**	**392,72**	**509,48**	**634,82**	**648,03**	**699,34**
Другие виды использования															
ГФУ-227еа	-	-	-	0,19	0,92	1,12	1,47	1,77	2,05	2,42	2,76	3,65	4,20	4,93	5,75
Итого от использования ГФУ, ПФУ															
	7,6	**36,0**	**208,8**	**2007,1**	**5343,4**	**7022,8**	**8886,9**	**10422,2**	**11870,7**	**13122,3**	**14633,2**	**16508,1**	**18484,0**	**20535,3**	**21924,7**

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 1996-2020 гг. получены на основании анализа статистических данных внешней торговли Российской Федерации. Данные об экспорте, импорте и производстве галоидоуглеводородов приводятся в таблицах 4.60 и 4.61.

Таблица 4.60

Производство, экспорт и импорт ГФУ и ПФУ, т

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ГФУ-23															
производство		0,04	0	28,61	4,89	3,14	0	0	1,88	0	0	10,18	9,73	3,28	23,21
экспорт			4,8	0,04	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0,03	0,12	0,37
импорт			0	18,26	62,85	37,69	75,15	25,55	55,90	71,74	16,61	44,07	39,19	28,64	48,18
ГФУ-125															
производство			189,00	1222,70	234,82	401,46	72,84	0	8,67	0	0	100,40	407,77	10,50	0
экспорт			150,72	845,28	168,77	16,28	0,04	1,98	0	1,74	0	7,12	12,61	4,63	31,99
импорт			0	135,08	413,71	556,98	689,59	510,91	460,42	619,59	433,29	489,16	348,68	481,69	651,46
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	0	0
импорт			0	0	260,08	362,78	870,68	620,26	318,28	239,71	455,65	318,71	540,44	962,87	871,66
ГФУ-227ea															
производство	0	0	0	15,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
экспорт			2,12	0	0	0	5,70	0,00	1,09	0	1,27	0	0	2,38	3,05
импорт			0	21,30	113,11	113,06	172,70	168,95	167,87	197,00	200,00	392,71	347,03	400,02	451,37
ПФУ-14															
производство	31,56	72,24	372,87	246,60	65,05	85,84	0	68,42	22,52	13,04	14,20	19,79	25,75	18,48	9,76
экспорт			678,46	220,29	43,87	77,10	17,09	42,32	23,16	12,13	11,84	14,69	15,98	6,51	13,85
импорт			0,00	0,03	4,59	12,49	12,17	7,15	13,06	5,24	12,65	26,10	6,35	8,74	8,90
ПФУ-218															
производство	5,75	0,51	17,00	16,20	87,80	72,40	6,00	45,60	40,89	33,76	18,69	10,10	1,50	0	0
экспорт			14,18	12,27	92,23	80,69	9,59	44,56	31,06	24,37	17,35	12,14	16,85	20,81	20,38
импорт			0,40	0,48	5,57	0,50	5,02	0,04	0,08	8,02	1,93	3,20	5,00	25,51	20,78
ПФУ-318c															
производство	46,92	1,70	62,20	114,96	17,10	60,70	39,58	43,30	49,41	60,46	126,97	91,19	82,09	238,85	305,50
экспорт			24,00	59,59	63,68	124,39	114,85	181,60	189,64	221,68	205,66	240,91	238,08	187,94	113,95
импорт			0	0,003	32,33	140,60	93,74	114,12	170,74	160,74	165,74	159,95	188,66	109,37	0,49

Таблица 4.61

Импорт и экспорт галоидоуглеводородов и хладоновых смесей, т

	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ГФУ-134а													
экспорт	0,07	0,20	1,05	0,94	0,40	0,12	0	0,67	9,05	17,87	78,30	112,13	113,22
импорт	221,33	892,92	2333,49	2761,00	3273,33	3266,01	3528,67	3155,66	3256,45	3942,46	4489,29	5694,36	4570,88
ГФУ-143а													
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	0	28,61	0	0	0	0	0,68	0,03	0	0	0	0	0
ГФУ-32													
экспорт	0	0	0	0	0	0	0,55	0,43	0,60	0,36	1,18	1,57	1,81
импорт	0	2,23	0	0	0	0	2,14	0,03	1,01	3,82	10,08	77,48	16,59
R-116													
экспорт	0,08	0	0,10	0,05	1,16	0,38	0,12	0,03	0,94	0,23	0,38	0,90	0,42
импорт	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R-404a													
экспорт	0,41	1,72	0	0	0,13	0	0	2,20	8,52	12,56	87,43	52,28	16,20
импорт	52,75	363,74	1707,61	1490,50	2224,77	1584,55	3255,15	3198,25	3564,96	3668,33	4377,09	3471,95	3702,12
R-407c													
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0,52	1,57	2,11	1,41	5,32	5,06
импорт	4,85	10,52	80,50	134,39	135,30	161,84	348,44	413,00	296,79	409,17	496,79	426,83	454,95
R-410a													
экспорт	0	0	0	0	0.02	0	0	1,10	1,99	8,38	52,46	36,15	16,38
импорт	0	3,15	186,83	256,08	289,75	535,44	791,43	850,03	873,02	1025,98	1317,00	1582,89	1462,25
R-413a													
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	0	0	0	27,69	3,39	0	22,78	15,28	32,77	15,64	31,28	15,64	15,64
R-507													
экспорт	0	0	0	0	0	1,18	0	9,79	15,62	12,05	27,35	21,73	48,87
импорт	2,44	12,18	165,01	362,09	347,19	300,96	931,28	1035,33	1122,84	1149,32	1773,22	1405,11	2000,44
Смесь ГФУ-365mcf и ГФУ-227ea													
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0	0	0	0
импорт	0	0	285,12	54,72	36,48	48,72	110,48	104,64	283,92	222,24	127,92	55,68	94,08
Смесь ГФУ-134а и ГФУ-152а													
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	0	0	0	0,03	0,01	19,34	71,23	14,54	1,46	3,08	0,05	0,63	0
R-422d													
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	414,69	150,19
MCOOL22													
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,96	10,74
импорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	272,90	168,82

Выбросы ГФУ от систем кондиционирования воздуха и охлаждения (2.F.1)

Использование фторированных заменителей озоноразрушающих веществ в системах кондиционирования воздуха и охлаждения в Российской Федерации 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 2004-2019 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 2021 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 Российской Федерации 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 промышленных рынков, 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 промышленных рынков, 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-134а 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-134а предполагалось, что доля бытовых холодильников с ГФУ-134а для холодильников с отсутствием информации о хладагенте равна доле холодильников с ГФУ-134а для бытовых холодильников, информация о хладагенте для которых имеется. Также учитывалась и доля экспорта бытовых холодильников с ГФУ-134а. Данные об суммарных объемах производства бытовых холодильников в России, объемах производства бытовых холодильников с использованием ГФУ-134а и объемах экспорта бытовых холодильников с ГФУ-134а приводятся в таблице 4.62.

Таблица 4.62

Производство бытовых холодильников и морозильников в России, тыс. шт.

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Производство бытовых холодильников и морозильников[1)]														
3773,8	1788,6	1326,8	2778,5	3557,1	4100,3	4302,1	4128,0	3692,8	3116,8	3293,5	3152,5	3420,2	3367,92	3557,1
В том числе с использованием ГФУ-134а[2)]														
0	7,4	806,0	1579,7	1836,8	703,4	537,6	399,6	227,5	217,8	230,1	152,8	146,4	70,2	0
Экспорт бытовых холодильников с ГФУ-134а[2)]														
0	0	81,0	354,8	103,8	31,7	50,4	55,0	7,9	2,8	0,3	0	0,2	0	0

[1)] Данные Росстата

[2)] Оценка ИГКЭ, основанная на данных производителей

Расчет выбросов ГФУ-134а проводился по методу уровня 2а 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-134а и 80% от первоначальной заправки – выбросы при утилизации.

В дополнение к оценке банка ГФУ-134а в бытовых холодильниках, произведенных в России, выполнена оценка банка ГФУ-134а в бытовых холодильниках, импортированных в Россию из других стран. Расчет проводился на основе данных ФТС России, доля холодильников, при производстве которых использовался ГФУ-134а, 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 2а МГЭИК (IPCC, 2006) оценивались выбросы от использования ГФУ-134а, ГФУ-407с и ГФУ-410а в оборудовании для стационарного кондиционирования воздуха. Использование этих хладагентов в стационарном оборудовании для кондиционирования воздуха в небольших количествах начинается в 1997г. С 2001г. доля оборудования на ГФУ-134а, ГФУ-407с и ГФУ-410а быстро нарастает. Кроме указанных выше хладагентов в климатическом оборудовании также используется ГХФУ-22. Данные о долях разных типов климатического оборудования на разных хладагентах приводятся в таблице 4.63. Данные приводятся в процентах суммарной мощности соответствующего типа кондиционеров.

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.

Таблица 4.63

Использование хладагентов в разных типах нового климатического оборудования, %

	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Мобильные моноблоки													
ГФУ-410а	–	–	58,0	62,9	76,0	79,0	84,0	88,0	95,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	–	74,6	37,0	26,0	24,0	21,0	16,0	12,0	5,0	-	-	-	-
ГХФУ-22	100,0	25,4	5,0	11,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Бытовые сплит-системы													
ГФУ-410а	5,8	11,6	7,0	87,3	97,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	99,4	99,4	94,6
ГФУ-407с	–	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ГФУ-32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,6	0,6	5,4
ГХФУ-22	94,2	88,4	93,0	12,7	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Полупромышленные сплит-системы													
ГФУ-410а	–	7,5	13,3	71,2	93,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	–	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ГХФУ-22	100,0	91,8	86,7	28,8	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Мультисплит-системы													
ГФУ-410а	–	23,1	86,5	88,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	–	–	–	–	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ГХФУ-22	100,0	76,9	13,5	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Мини-VRF													
ГФУ-410а	–	84,2	84,0	88,0	96,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	–	4,8	–	–	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ГХФУ-22	–	11,0	16,0	12,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Компрессорно-конденсаторные агрегаты													
ГФУ-410а	–	–	61,8	59,6	29,3	64,8	73,3	76,1	85,2	92,1	93,6	96,2	98,2
ГФУ-407с	10,0	86,0	35,9	38,7	70,7	35,2	26,7	23,9	14,8	7,9	6,4	3,8	1,8
ГХФУ-22	90,0	14,0	2,3	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Руфтопы													
ГФУ-410а	-	-	11,6	16,0	34,1	63,3	65,6	53,2	48,6	75,7	86,8	93,0	97,8
ГФУ-407с	5,0	88,0	88,4	84,0	65,9	36,7	34,4	46,8	51,4	24,3	13,2	7,0	2,2
ГХФУ-22	95,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Прецизионные кондиционеры (классические)													
ГФУ-410а	-	5,0	55,0	65,0	75,0	85,0	93,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	30,0	65,0	45,0	35,0	25,0	15,0	7,0	-	-	-	-	-	-
ГХФУ-22	70,0	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Прецизионные кондиционеры (типа сплит)													
ГФУ-410а	-	-	55,0	65,0	75,0	85,0	93,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	5,0	88,0	45,0	35,0	25,0	15,0	7,0	-	-	-	-	-	-
ГХФУ-22	95,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Прецизионные кондиционеры (моноблоки)													
ГФУ-410а	-	-	55,0	65,0	75,0	85,0	93,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	5,0	88,0	45,0	35,0	25,0	15,0	7,0	-	-	-	-	-	-
ГХФУ-22	95,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 4.63

	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Чиллеры													
ГФУ-410а	–	0,4	25,9	25,9	24,4	23,4	31,2	32,1	34,9	49,9	51,3	48,5	57,3
ГФУ-407с	10,0	59,6	21,7	18,9	25,2	20,6	17,1	19,2	19,8	1,9	2,0	0,9	0,3
ГФУ-134а	25,0	30,8	51,1	54,6	50,4	56,0	51,7	48,7	45,3	48,2	46,7	50,6	42,4
ГХФУ-22	65,0	9,1	1,3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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 неазеатропной и при дозаправке оборудования необходимо сначала удалить весь газ, а затем заправить оборудование новым хладагентом.(IPCC, 2006).

В настоящем кадастре выбросов парниковых газов выполнен перерасчет выбросов от стационарного оборудования для кондиционирования воздуха в 2004-2019 гг. Перерасчет выполнен в связи с корректировкой данных о деятельности. 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).

Оценка выбросов ГФУ-134а от автомобильных кондиционеров проводилась для легковых автомобилей в период с 1992 до 2020 гг. Парк автомобилей с кондиционером на ГФУ-134а оценивался на основе данных ФТС России и Росстата 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 Российской Федерации 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 4.64.

Таблица 4.64

Парк легковых автомобилей с кондиционером на ГФУ-134а и объем использования ГФУ-134а для обслуживания автомобильных кондиционеров в России

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Парк автомобилей с кондиционером на ГФУ-134а, тыс. шт.														
–	102,0	351,1	1738,6	7870,2	9818,1	12084,1	14156,4	15909,7	16900,2	17489,8	18110,6	18604,2	18512,8	17796,0
Объем затрат ГФУ-134а для обслуживания автомобильных кондиционеров, т														
–	11,7	45,7	234,2	1483,6	2040,9	2628,4	2922,2	3077,35	2954,3	2945,7	3203,9	3636,4	3641,4	3412,2

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 парниковых газов 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 4.65.

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 Российской Федерации. 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.

Таблица 4.65

Использование хладагентов в разных типах коммерческого и промышленного холодильного оборудования, %

	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Автономное коммерческое холодильное оборудование российского производства														
ГФУ-404а	–	2,0	17,0	42,0	58,0	65,0	67,0	75,0	85,0	93,0	97,0	98,0	98,0	98,0
ГФУ-134а	–	9,0	23,0	33,0	37,0	35,0	33,0	25,0	15,0	7,0	3,0	2,0	2,0	2,0
ГХФУ-22	100	89,0	60,0	25,0	5,0	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	42,0	51,0	58,0	62,0	68,0	73,0	77,0	75,0	75,0	75,0
ГФУ-134а		26,8	75,6	58,0	55,0	45,0	37,0	31,0	23,0	16,0	10,0	9,0	7,0	7,0
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	3,0	4,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	16,0	18,0	18,0
Промышленные системы с выносным холодом														
ГФУ-404а		3,6	48,5	72,0	81,0	82,0	81,0	80,0	79,0	77,0	76,0	75,0	74,0	66,0
ГФУ-134а	4,0	16,0	14,0	4,0	3,0	4,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ГФУ-507			1,0	14,0	16,0	14,0	17,0	19,0	21,0	23,0	24,0	25,0	26,0	35,0
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 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 от коммерческого холодильного оборудования в 2017-2019 гг. и от промышленного холодильного оборудования в 2019 г. Перерасчет был выполнен в связи с корректировкой данных о деятельности для оборудования, в котором хладагент ГХФУ-22 замещался хладагентами ГФУ-407c, ГФУ-404a, ГФУ-507, ГФУ-422d и MCOOL22.

Выбросы от использования ГФУ в качестве пенообразователя (2.F.2)

Выбросы от этого приложения оценивались по методу уровня 1a 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-134a (Академия конъюнктуры промышленных рынков, 2007). Предполагается, что использование ГФУ-134a 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.

Кроме того, в кадастре выбросов парниковых газов 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-134a 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 4.66. Доля экструдированного пенополистирола в общем объеме внешней торговли вспененным полистиролом составляет около 50% (ABARUS Market Research, 2010).

Для производства вспененных пластиков используются различные пенообразователи. Согласно НДК Австрии (2013 г.) доля ГФУ-134a 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 Российскую Федерацию из стран ЕС (более 70% пенополистирола и около 50% пенополиуретана), считаем, что до 2006 г. 20% экструдированного пенополистирола и 10% жесткого пенополиуретана, импортированного в Российскую Федерацию, содержали ГФУ-134a. После 2006 г. доля импортированных вспененных пластиков с ГФУ-134a снижается вдвое. Содержание ГФУ-134a 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 таблице 4.66. При производстве монтажной пены в Европе, откуда преимущественно осуществляется ее импорт в Россию, используются ГФУ-134a и ГФУ-152a, причем с 2007 г. используется только ГФУ-152a. 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%.

Таблица 4.66

Внешняя торговля вспененным полистиролом и жестким пенополиуретаном, тонны

2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Импорт монтажной пены												
-	33313	51000	58551	73097	76208	68970	49873	42938	44965	35001	38565	33420
Импорт пенополиуретана												
2008	96	487	566	817	1100	1103	959	873	847	967	983	775
Экспорт пенополиуретана												
1271	1517	3	10	17	60	142	144	202	322	655	1159	2599
Импорт пенополистирола												
6025	4164	1923	2635	3002	2985	3458	2025	1461	1433	990	1368	867
Экспорт пенополистирола												
617	1506	2238	1481	1102	1320	9190	11425	12082	14528	14181	14434	18830

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 банков 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 промышленных рынков, 2007).

В кадастре выбросов парниковых газов по рекомендации Группы экспертов РКИК 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, 2012-2020 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 4.67.

Таблица 4.67

Внешняя торговля огнетушителями и модулями автоматического газового пожаротушения в России

2000	2005	2010[1)]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Импорт модулей автоматического газового пожаротушения, шт.												
538[*)]	338[*)]	345	457	627[2)]	3670[2)]	2930[2)]	445[2)]	355[2)]	112[2)]	161[2)]	238[2)]	128[2)]
Экспорт модулей автоматического газового пожаротушения, шт.												
307[*)]	259[*)]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Импорт огнетушителей, шт.												
179365	675510	1344854	1372990	910807	965830	770942	117178	93429	29579	42290	62727	33700
Экспорт огнетушителей, шт.												
153341	129508	111373	216880	203428	210069	325166	395488	420489	437577	622274	753383	851535

[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

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.F.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 промышленных рынков, 2007)

В кадастре выбросов парниковых газов с 2012г. по рекомендации международной группы экспертов по проверке 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 2021 г. был выполнен анализ данных ФТС. Этот анализ показал, что, начиная с 2014 г., фармацевтическая промышленность Российской Федерации постепенно переходит на использование ГФУ-134а. В таблице 4.68 приводятся данные о поставках ГФУ-134а для фармацевтической промышленности.

Импорт дозированных ингаляторов не учитывается таможенной статистикой Российской Федерации, 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 парниковых газов 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. и до 80% - 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 4.68. 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).

Таблица 4.68

Импорт ГФУ-134а и смесей ГФУ-134а и ГФУ-152а для использования в аэрозолях различного назначения, тонны

2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Импорт ГФУ-134а для фармацевтической промышленности												
-	-	-	-	-	-	0,01	1,86	22,50	48,72	66,66	60,51	75,49
Импорт ГФУ-134а в аэрозолях для очистки и охлаждения электроники												
0,46[1)]	1,87[1)]	4,89[1)]	5,79[1)]	6,86[1)]	6,85[1)]	8,01	10,23	0,85	12,05	3,33	17,75	2,46
Импорт ГФУ-134/ГФУ-152а (85/15) для очистки и охлаждения электроники												
-	-	-	0,03	0,01	19,34	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*

Выбросы от использования ГФУ в качестве растворителей (2.F.5)

Наиболее часто используемые в качестве растворителей вещества: ГФУ-43-10mee, ГФУ-365mfc, ГФУ-245fa и гептафторциклопентан в Российской Федерации не производятся.

Анализ таможенной информации в 2014 – 2020 гг. показал, что импорт ГФУ-43-10mee, 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 CO_2-эквивалента, что составляет менее 0,00005% от суммарного выброса парниковых газов в Российской Федерации в 2017 – 2020 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 промышленных рынков, 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 парниковых газов выполнены следующие перерасчеты:

- Перерасчет выбросов ГФУ от стационарных установок кондиционирования воздуха в 2004 – 2019 гг. Перерасчет выполнен в связи с коррекцией данных о деятельности;
- Перерасчет выбросов от коммерческого (2017-2019 гг.) и промышленного (2019 г.) холодильного оборудования. Перерасчет выполнен в связи с корректировкой данных о деятельности;
- Перерасчет выбросов от использования ГФУ-125 и ГФУ-227ea в противопожарном оборудовании в 2019 г. в связи с корректировкой данных ФТС.

4.8 Производство и использование других продуктов

4.8.1 Обзор

Для субсектора «Производство и использование других продуктов» проводилась оценка выбросов SF_6 от электрооборудования, военных приложений и ускорителей частиц, а также выбросов N_2O от использования N_2O в анестезии.

Результаты оценки представлены в таблице 4.69.

В 2020 г. суммарный выброс парниковых газов от субсектора составил 1155 Гг или 137 % от уровня выбросов 1990 г. Рост выбросов связан с существенным ростом использования элегазового электрооборудования в энергетике.

Основным источником выбросов парниковых газов в субсекторе является использование N_2O в анестезии (2.G.3a) – 40,4 % от суммарного выброса от субсектора. Доля выбросов от использования SF_6 в электрооборудовании (2.G.1) составляет – 28,9%. Доля выбросов от использования SF_6 в ускорителях частиц (2.G.2.b) в 2020 г. составила 30,7%.

Таблица 4.69

Выбросы парниковых газов от производства и использования других продуктов, Гг CO_2 – экв.

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Выбросы SF_6 от электрооборудования														
62,5	67,3	72,1	116,6	155,5	200,5	154,8	155,3	172,8	195,5	246,8	296,0	288,2	305,9	333,5
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														
241,6	244,2	254,7	267,1	350,4	330,6	323,9	328,7	373,7	338,2	336,0	312,1	328,8	328,8	354,8
Выбросы N_2O от использования N_2O в анестезии														
539,9	491,9	502,6	511,3	543,0	548,8	551,2	556,2	570,1	578,5	583,8	582,0	586,5	590,0	466,3
Всего														
844,0	**803,4**	**829,5**	**895,0**	**1048,9**	**1079,9**	**1029,9**	**1040,2**	**1116,7**	**1112,2**	**1166,6**	**1190,2**	**1203,5**	**1224,7**	**1154,6**

4.8.2 Методика расчетов

Выбросы SF_6 от использования гексафторида серы в электротехническом оборудовании (2.G.1)

В настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов от использования гексафторида серы в электротехническом оборудовании.

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 4.70.

Данные по общему количеству SF_6 в оборудовании, собранные Министерством промышленности и энергетики Российской Федерации (2001-2006 гг.), Минэнерго России в 2007-2019 гг., полученные в результате интерполяции (1990-2000) приводятся в таблице 4.70. В 2022 г. Минэнерго предоставило данные о суммарной паспортной емкости элегазового оборудования, используемого в нефтегазовом секторе Российской Федерации. 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 4.70.

Таблица 4.70

Общее количество SF_6 в электротехническом оборудовании, т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство элегазового электротехнического оборудования														
-	-	-	8,73	12,53	22,95	21,89	19,16	23,42	32,04	55,55	65,19	56,43	46,17	46,17
Использование элегазового электротехнического оборудования														
Электроэнергетика: сетевые и генерирующие компании														
4,2	25,0	45,8	177,0	297,4	387,1	421,7	458,9	516,5	533,0	615,4	909,4	962,6	1255,5	1487,5
Нефтегазовый сектор (2000 – 2019 г оценка ИГКЭ)														
-	-	0,4	1,5	2,5	3,3	3,6	3,9	4,4	4,5	5,2	7,7	8,2	10,7	12,7
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)]	33,5	36,3	40,9	77,2	138,4	176,1	176,7	177,4	180,7	188,6

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 - 2020 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 4.71 данные о количестве ускорителей частиц в научно-исследовательских и учебных институтах, в промышленности и в медицине в 2007 - 2015, 2018 - 2020 гг., которые представлены в официальных публикациях Роспотребнадзора (Федеральная служба, 2008 -2016, 2019, 2020, 2021). 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.

Таблица 4.71

Количество научно-исследовательских, учебных, промышленных и медицинских ускорителей частиц в России.

	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Научно-исследовательские и учебные ускорители	205	187	171	183	212	187			180	179	202
Промышленные ускорители	170	175	201	181	195	189			186	187	180
Медицинские ускорители	71	84	77	84	129	97			139	171	200

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 4.72. Предполагалось, что в половине промышленных ускорителей и во всех медицинских использовался гексафторид серы.

Таблица 4.72

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 – 2020 гг. получено из сборника «Здравоохранение в России», размещенного на официальном сайте Росстата (табл. 4.73).

Таблица 4.73

Количество хирургических операций, выполненных в медицинских стационарах, в Российской Федерации, тыс. операций

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
9223	8403	8587	8735	9277	9375	9417	9503	9740	9882	9974	9943	10020	10080	7966

4.8.3 Оценка неопределенностей

Неопределенность оценки выбросов SF_6 от использования гексафторида серы в электротехническом оборудовании оценивается в пределах ± 60%.

Неопределенность оценки выбросов N_2O от использования N_2O в анестезии оценивается в пределах ± 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.

Выполнен перерасчет выбросов SF_6 от использования гексафторида серы в электротехническом оборудовании. Учтены полученные данные о производстве элегазового электротехнического оборудования. Выполнена оценка выбросов от использования этого оборудования в нефтегазовом секторе экономики и в черной металлургии. В расчетах используется коэффициент выбросов в соответствии с национальными нормами утечек SF_6.

4.9 Другие производства (2.H)

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.H.1), пищевой промышленности и в производстве алкогольных напитков (2.H.2). Результаты представлены в таблице 4.74.

Кроме того, оценивались выбросы NOx, CO и SO_2 от целлюлозно-бумажной промышленности.

Таблица 4.74

Выбросы неметановых летучих органических соединений от целлюлозно-бумажной, пищевой промышленности и производства алкогольных напитков, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Пищевая промышленность														
206,3	127,1	139,8	129,4	113,5	135,9	117,9	113,4	117,0	122,2	124,0	129,2	124,0	132,7	116,6
Производство алкогольных напитков														
210,9	185,8	187,2	203,2	166,1	147,7	167,4	147,7	119,8	110,8	128,0	138,1	137,1	146,7	142,6
Целлюлозно-бумажная промышленность														
17,3	10,8	14,2	17,5	17,7	18,2	18,5	17,7	19,0	19,9	20,6	21,0	21,5	20,4	22,2
Суммарный выброс НМЛОС														
434,6	**323,7**	**341,2**	**350,1**	**297,2**	**301,8**	**303,7**	**278,7**	**255,7**	**252,8**	**272,5**	**288,4**	**282,6**	**299,8**	**281,5**

4.9.2 Методика расчетов

Выбросы НМЛОС NOx, CO и SO_2 от целлюлозно-бумажной промышленности(2.H.1)

Оценка выбросов НМЛОС, NOx, CO и SO_2 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 4.75.

Таблица 4.75

Производство целлюлозы в России, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство целлюлозы														
7525	4197	4960	6001	5687[1)]	5888	5992	5715	5997	6293	6538	6625	6800	6468	7100
В т..ч. по способу сульфатной варки														
4689	2917	3833	4731	4772[2)]	4908	4989	4771	5135	5365	5555	5671	5815	5515	6012

[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 CO/ тонну сухой целлюлозы и 7 кг SO_2/ тонну сухой целлюлозы для сульфатного способа варки целлюлозы. Для сульфитного процесса коэффициент выбросов SO_2 равен 30 кг/ тонну сухой целлюлозы.

Выбросы НМЛОС в пищевой промышленности и производстве алкогольной продукции (2.H.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 – 2020). Данные Росстата об объемах производства в пищевой промышленности приводятся в таблице 4.76. Коэффициенты выбросов НМЛОС в пищевой промышленности приводятся в таблице 4.77.

Таблица 4.76

Производство отдельных видов пищевой продукции в России

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Сахар-песок и сахар-рафинад/с 2010г. сахар белый свекловичный и тростниковый в твердом и жидком состояниях, тыс. т														
4835	3281	6148	5643	4755	7130	5341	4986	5277	5748	6051	6665	6273	7264	5796
Товарная пищевая рыбная продукция, включая консервы рыбные/с 2010г. рыба и продукты рыбные переработанные и консервированные, млн. т														
4,3	2,4	3,0	3,4	3,6	3,6	3,7	3,8	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3	4,2	4,3
Мясо, включая субпродукты 1 категории/с 2010г. мясо и субпродукты пищевые убойных животных и домашней птицы, тыс. т														
6484	2370	1194	1857	3957	4250	4747	5321	5971	6631	7063	7791	8142	8261	8646
Колбасные изделия, тыс. т														
2283	1293	1052	2014	2439	2486	2533	2502	2475	2445	2436	2259	2282	2282	2355
Мясные полуфабрикаты/с 2010г. полуфабрикаты мясные (мясосодержащие) охлажденные, подмороженные и замороженные, тыс. т														
1075	268	244	987	1624	1934	2254	2504	2736	2915	3076	3060	3275	3658	4175
Консервы мясные и мясорастительные/с 2010г. консервы мясные (мясосодержащие) и мясорастительные, млн. усл. банок (1 усл. банка = 353 мл)														
545	348	508	674	671	652	690	693	746	649	601	647	603	669	736
Маргариновая продукция, тыс. т														
808	198	462	642	437	433	473	456	512	526	495	533	487	451	441
Хлеб и хлебобулочные изделия, включая полуфабрикаты, млн. т														
18,2	11,3	9,0	8,0	7,3	7,1	7,0	6,8	6,8	6,8	6,7	6,5	6,4	6,2	6,0

Таблица 4.77

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

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 парниковых газов МГЭИК, 1996» (IPCC, 1996). Данные об объемах производства алкогольных напитков в Российской Федерации в 1990-2020 гг. приводятся в таблице 4.78.

Таблица 4.78

Производство алкогольных напитков в России, млн. декалитров

1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Пиво[1)]														
336	213	516	910	984	994	974	888	823	780	783	756	777	769	793
Вина[2)4)]														
84,1	31,0	33,7	48,9	79,1	73,6	64,7	67,8	73,5	85,1	88,7	82,8	82,9	87,3	70,3
Коньяки[3)4)]														
5,9	0,9	1,7	4,5	9,0	8,1	9,8	7,4	7,6	7,7	7,6	8,5	8,4	9,2	8,2
Водка и ликероводочные изделия[4)]														
138	123	123	132	106	93,9	106,7	94,3	75,8	69,8	81,3	87,9	87,2	93,4	90,9

[1)] *С 2010г. – пиво, кроме отходов пивоварения, с 2012 г. включая напитки, изготовляемые 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 Росалкогольрегулирования.*

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.

5. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО (СЕКТОР 3 ОФД)

5.1 Обзор по сектору

В 2020 году суммарные выбросы парниковых газов от аграрного сектора Российской Федерации составили 116644 тыс. тонн CO2-экв., что соответствует 52,9 % уровня 1990 года (247 492 тыс. тонн CO2-экв.). В 2020 году вклад закиси азота в общие сельскохозяйственные выбросы был выше (60,2%) вклада CH4 – 38,8%, вклад CO2 составляет около 1,0%. К наиболее значимым источникам в аграрном секторе Российской Федерации относятся прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных почв (53856,0 тыс. тонн CO2-экв.) и выбросы CH4 при внутренней ферментации домашних животных (39037,5 тыс. тонн CO2-экв.). В течение периода с 1990 г. прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных земель сократился на 36,9 %, а выброс метана от процессов внутренней ферментации животных на 62,9%.

Снижение выбросов парниковых газов связано с уменьшением 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 2,4 раза и птицы – на 16,7 % по сравнению с уровнем 1990 года (по состоянию соответственно на 01.01.1990 и 01.01.2020). При этом поголовье коров, овец и коз сократилось более чем в 2,6 раза, остального поголовья крупного рогатого скота – в 3,7 раза. Площадь культивируемых земель в России за период после 1990 года уменьшилась на 30,4 % или 40,3 млн. га (см. рис. 5.2). Внесение минеральных азотных удобрений сократилось на 54,9 %, что соответствует снижению поступления азота в сельскохозяйственные почвы почти на 2,3 млн. тонн. Все указанные показатели агропромышленной деятельности имеют тенденцию к постепенному снижению в течение всего рассматриваемого периода, включая последние годы.

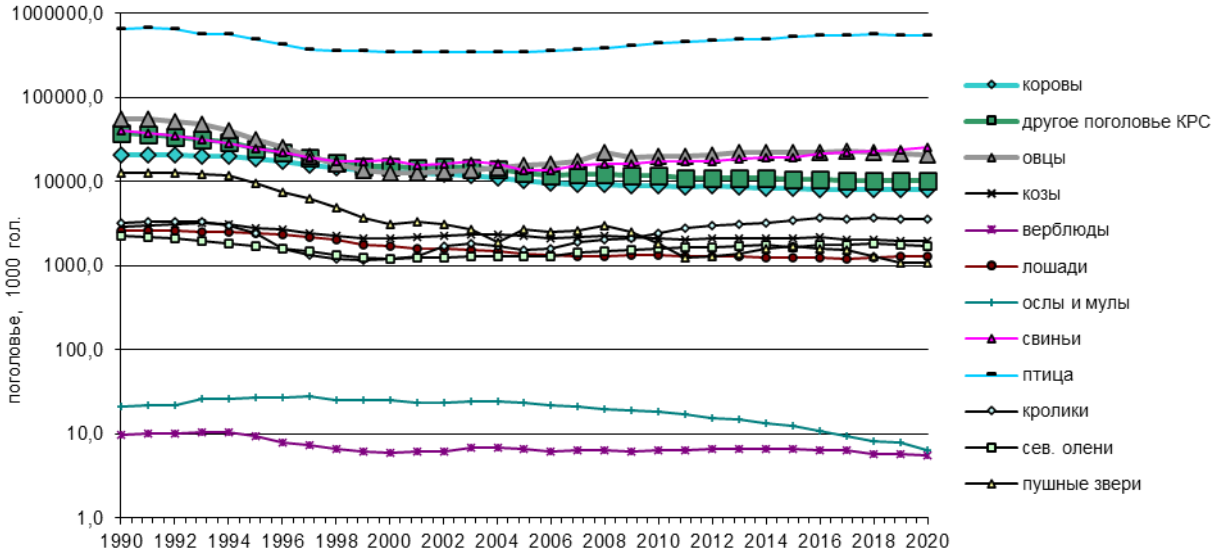

Рисунок 5.1 – Поголовье скота и птицы в хозяйствах всех категорий (на 1 января), тыс. голов.

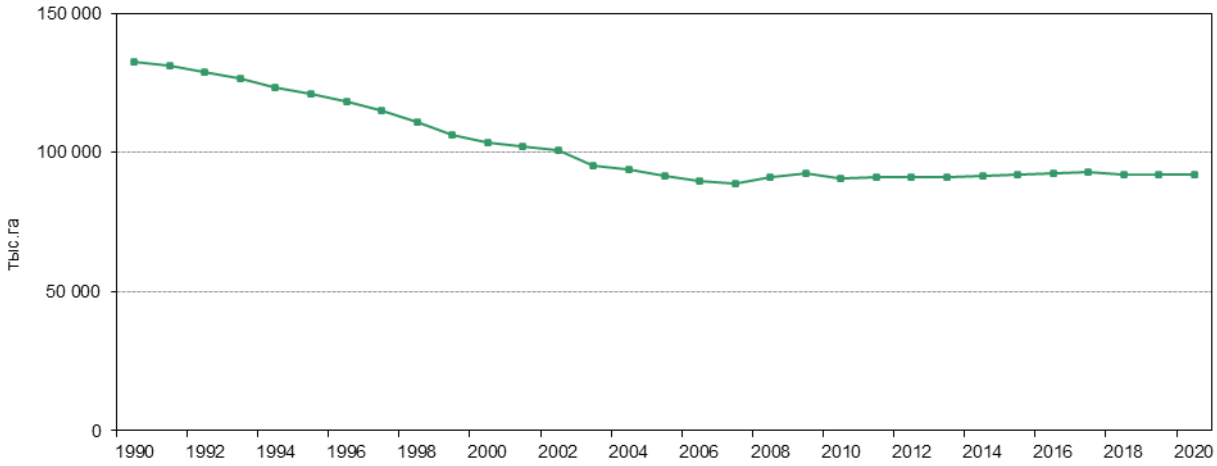

Рисунок 5.2 – Культивируемые земли в России (посевные площади, пар и многолетние насаждения)

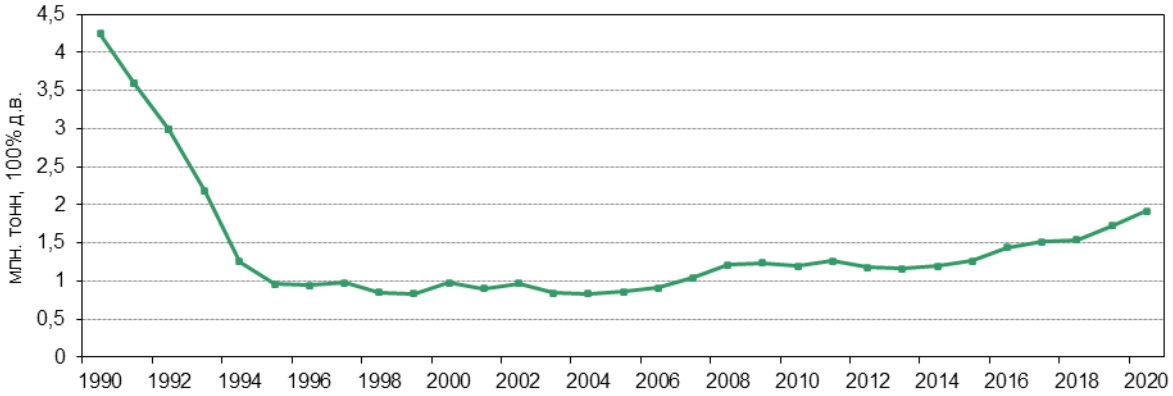

Рисунок 5.3 – Внесение минеральных азотных удобрений в почвы

Ниже приводится подробное рассмотрение выбросов CH_4, N_2O и CO_2 и методологий их оценки в аграрном секторе Российской Федерации от следующих источников:

- внутренняя ферментация домашних животных (категория 3А МГЭИК) – использованы 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, хранения и использования навоза и птичьего помета (категории 3В1 и 3В2) – 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 3D1) – 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 3D2) – использованы методы уровня 1;

– выбросы CO_2 при известковании и внесении мочевины (категория 3G-I) – использованы методы уровня 1.

Результаты оценок выбросов в секторе «Сельское хозяйство» приведены в таблице 5.1.

Учитывая, что саванны не встречаются на территории Российской Федерации, 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 парниковых газов выполнена по методике Руководящих принципов национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г. (МГЭИК, 2006) и Приложение к руководящим указаниям МГЭИК 2006г. 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 CO_2-экв.)

Годы	Источники								Всего*
	Внутренняя ферментация, CH_4	Системы сбора и хранения навоза			Рисовые поля, CH_4	Почвы		Выбросы CO_2 при известковании и внесении мочевины	
		CH_4	Прямой выброс, N_2O	Косвенный выброс, N_2O		Прямой выброс, N_2O	Косвенный выброс, N_2O		
1990	105172,0	13360,1	8450,3	7041,5	855,7	85327,1	17112,4	10173,2	247492,4
1995	78416,5	8789,5	6212,2	4834,1	503,7	53382,5	8945,6	2076,5	163160,7
2000	51236,2	5572,0	4064,6	3213,8	519,7	46350,4	6829,6	971,1	118852,9
2005	43012,3	4254,6	3739,9	2826,0	431,0	43547,6	6238,4	826,1	104875,6
2010	40477,6	4515,1	3958,5	3077,0	622,6	43500,1	6596,0	778,4	103525,4
2011	39433,4	4611,8	3835,9	3023,3	643,8	46557,4	7306,4	775,3	106187,3
2012	40115,2	4733,5	3881,9	3069,1	616,9	44952,4	6966,8	842,6	105178,3
2013	40510,5	4985,7	3938,5	3171,1	580,5	46336,9	7342,3	795,1	107660,6
2014	39897,2	5002,1	3889,9	3157,1	601,4	46734,9	7386,4	868,9	107537,7
2015	39683,0	5071,0	3936,8	3198,4	621,9	47646,7	7638,7	801,3	108597,7
2016	39395,3	5394,8	4030,1	3383,7	635,2	50450,0	8317,9	767,9	112330,2
2017	39379,4	5276,8	3954,4	3314,3	575,4	51367,3	8524,7	840,9	113233,1
2018	39367,2	5366,0	3947,2	3356,1	575,7	50847,9	8402,3	976,7	112821,0
2019	39005,4	5442,5	3616,7	3221,9	597,8	52495,4	8699,3	929,9	114022,6
2020	39037,5	5621,9	3885,6	3427,7	609,4	53856,0	9091,1	1114,6	116643,9

* сумма по строкам может не совп*адать 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 CO_2 от сельскохозяйственных почв рассматриваются в инвентаризации сектора ЗИЗЛХ (см. главу 6 настоящего доклада).

5.2 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. (далее ВСХП – 2016) на каждое из них приходится 6,2 тыс. га посевных площадей, 1863 голова крупного рогатого скота, 32943 голов свиней, 223 голов овец и коз. Наряду с ними производством сельскохозяйственной продукции занимаются сельхозорганизации – субъекты малого предпринимательства, а также подсобные хозяйства несельскохозяйственных 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 относящимся 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 крупного рогатого скота (КРС), коров, свиней, овец, коз, лошадей и северных оленей по основным категориям хозяйств представлено в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Распределение поголовья сельскохозяйственных животных по категориям хозяйств (на конец 2020 года в % от поголовья хозяйств всех категорий)

Виды сельскохозяйственных животных и птицы	**Тип категорий хозяйств**		
	Сельскохозяйственные организации	**Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели**	**Хозяйства населения**
КРС	45,1	15,6	39,3
Коровы	41,4	17,7	40,9
Свиньи	90,2	1,2	8,6
Овцы	15,7	40,9	43,4
Козы	7,0	13,5	79,5
Лошади	19,3	29,1	51,6
Северные олени	53,4	7,6	39,0

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 парниковых газов в сельскохозяйственном секторе.

В соответствии с рекомендациями группы экспертов по проверке 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. http://www.rosstat.gov.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/ros-stat/ru/statistics/enterprise/economy/#).

5.3 Выбросы при внутренней ферментации сельскохозяйственных животных (3А)

5.3.1 Характеристика категории

Согласно (МГЭИК, 2006) выброс метана 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 метана зависит от типа пищеварительного тракта, возраста и массы животного, а также качества и количества потребляемого корма. Жвачный скот (например, крупный рогатый скот, овцы) является основным источником метана; кроме того, небольшое количество метана производится нежвачными животными (например, свиньями, лошадьми). Строение кишечника жвачных животных способствует более интенсивной внутренней ферментации потребляемого корма.

В настоящем кадастре выбросы метана при внутренней ферментации оценивались для всех видов сельскохозяйственных животных в Российской Федерации, включая крупный рогатый скот, 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 5.6 ниже.

5.3.2 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, 2009-2020; интернет-сайт Росстата (http://www.rosstat.gov.ru)). Для расчета среднегодового поголовья были использованы статистические данные по динамике месячного поголовья крупного рогатого скота, 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 2020 года поправочные коэффициенты равны для крупного рогатого скота 1,027; для коров – 1,008; для свиней – 1,016 и для овец и коз – 1,055. 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 проверке 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 метана при процессах внутренней ферментации КРС оценивался по Уровню 2 методики МГЭИК (МГЭИК,2006). Расчет выбросов метана 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 организация 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 птицы 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 птицы 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 Российской Федерации 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 энергию 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 3.1 настоящего доклада, табл. П.3.1.1). 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 3.1, таблица П.3.1.2. Известно (МГЭИК, 2006; стр. 10.24), что используя полученные пересчетные коэффициенты, были рассчитаны значения валовой энергии для свиней на1 кг сухого вещества кормов содержит около 18,45 МДж валовой энергии. Таким образом,

$$GE = \Sigma i\ (R \bullet (fod_i/totalfod) \bullet FU_i \bullet 18{,}45), \qquad (5.1)$$

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 средней живой массе и суточном приросте КРС и коров по поголовью 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 (http://www.gks.ru)).

Коэффициент физической активности животного рассчитывался с учетом условий кормления скота.

В 2020 году для коров Ca = 0,83*0+0,17*0,17 = 0,028,

Для КРС Ca = 0,73*0+0,26*0,17 = 0,044.

Для коров коэффициент чистой энергии для поддержания был расчитан как среднее значение для нелактирующих и лактирующих самок.

Коэффициент выбросов метана при внутренней ферментации коров и дургого поголовья КРС для всех лет после 2002 года рассчитанны по субъектам РФ на оснвое дезагрегированных данных Росстата. В Приложении 3.1, в таблицах П.3.1.4 и П.3.1.5 приведены статистические данные о поголовье коров и другого КРС по субъектам РФ.

В таблицах 5.3. и 5.4. приведены основные коэффициенты и параметры для расчета валовой энергии, потребляемой коровами и другим поголовьем КРС.

В таблице 5.5 приведена методология расчета валовой энергии и коэффициентов перевариваемости для свиней за последний год настоящего кадастра. Расчет выполнен по общенациональным данным.

Коэффициент преобразования метана (Ym) 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, 2006 (МГЭИК, 2006).

Для свиней в Руководящих принципах (МГЭИК, 2006) отсутствует информация по рекомендуемому коэффициенту преобразования метана. Поэтому было использовано значение, равное 0,6% (Ym=0,006) в соответствии с таблицей А-4б, стр. 4-35, том 3 (МГЭИК, 1997).

Таблица 5.3

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.	33356,2	7051,7	4012,1	8742,2	7915,3	5634,9
Соотношение разных видов кормов в годовом рационе коров, %	100	21,1	12,0	26,2	23,7	16,9
Cf, коэффициент физической активности животного, МДж/сутки	0,354					
Ca, коэффициент соответствующий условиям кормления животных	0,03					
Валовая энергия в расчете на 1 голову в сутки, МДж	201,51					
Коэффициент выбросов CH_4 при внутренней ферментации, кг CH_4/гол./год	85,9					
Коэффициент перевариваемости кормов, DE %		80,29	84,37	61,68	66,30	66,12
Средневзвешенное значение коэффициента перевариваемости кормов, DE %	69,94					

Таблица 5.4

Расчет валовой энергии КРС (без коров) за последний год кадастра.

Параметры	Всех кормов	Концентраты (без комби-кормов)	Комби-корма	Грубые корма	Сочные корма	Другие корма
Расход кормов КРС (без коров), тыс. тонн корм. ед.	24137,4	4312,1	1913,3	6562,8	5056,9	6292,3
Соотношение разных видов кормов в годовом рационе, %	100	17,9	7,9	27,2	21,0	26,1
Cf, коэффициент физической активности животного, МДж/сутки	0,37					
Ca, коэффициент соответствующий условиям кормления животных	0,04					
Валовая энергия в расчете на 1 голову в сутки, МДж	136,68					
Коэффициент выбросов CH_4 при внутренней ферментации, кг CH_4/гол./год	58,27					
Коэффициент перевариваемости кормов, DE %		80,29	84,37	61,68	66,30	66,12
Средневзвешенное значение коэффициента перевариваемости кормов, DE %	68,93					

Таблица 5.5

Расчет валовой энергии и коэффициентов перевариваемости для свиней за последний год кадастра.

Параметры	Всех кормов	Концентраты (без комбикор-мов)	Комби-корма	Грубые корма	Сочные корма	Другие корма
Расход кормов свиньям, тыс. тонн корм. ед.	17583,1	2013,2	14739,9	11,7	476,9	341,4
Соотношение разных видов кормов в годовом рационе свиней, %	100	11,4	83,8	0,1	2,7	1,9
Расход кормовых единиц на 1 голову свиней	678,0	77,6	568,4	0,5	18,4	13,2
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	604,30	66,92	507,47	0,78	21,38	7,74
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	11149,3	1234,7	9362,8	14,4	394,5	142,9
Коэффициент перевариваемости, %		75,20	79,43	40,27	48,36	90,84

[1)] См. приложение 3.1, таблица П.3.1.2.
курсивом обозначены статистические данны

В таблице 5.6 приведены результаты расчета региональных коэффициентов выбросов CH4 при внутренней ферментации коров и другого поголовья КРС по субъектам Российской Федерации за последний год кадастра, а также средневзвешенные значения этих коэффициентов для страны в целом, использованные в настоящем кадастре.

В Приложении 3.1 в таблице П. 3.1.6 приведены региональнеы значения по валовому потреблению энергии коровами, в таблице П.3.1.7 – региональнеы данные валового потребления энергии другого поголовья КРС после 2008 года, в таблице П.3.1.8 – по коэффициентам выброса метана при внутренней ферментации коров, в таблице П.3.1.9 – по коэффициентам выброса метана при внутренней ферментации другого поголовья КРС после 2008 года.

Как следует из данных таблицы 5.6, 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. Максимальное значение коэффициента выброса при внутренней ферментации коров получено для Калужской области.

Для остального поголовья КРС (без коров) минимальное значение коэффициента в последний год кадастра также как и для молочных коров получено для Чукотского автономного округа. Максимальное значение коэффициента выброса – в Орловской области.

Таблица 5.6

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 перевариваемости кормов, DE%	Валовая энергия, МДж/гол. в год	Коэффициент выбросов, кг CH_4/гол. в год	Коэффициент перевариваемости кормов, DE%
Белгородская область	212,40	90,55	71,35	122,96	52,42	72,73
Брянская область	215,25	91,77	68,00	163,84	69,85	69,68
Владимирская область	219,71	93,67	70,07	133,42	56,88	70,85
Воронежская область	213,03	90,82	70,75	131,13	55,90	72,93
Ивановская область	204,88	87,34	71,44	118,05	50,33	72,16
Калужская область	221,10	94,26	69,38	136,72	58,29	68,38
Костромская область	200,42	85,44	70,41	115,39	49,19	69,05
Курская область	214,57	91,48	68,49	107,67	45,90	71,79
Липецкая область	215,12	91,71	69,94	128,66	54,85	70,15
Московская область	211,99	90,38	71,29	121,91	51,97	71,83
Орловская область	207,83	88,60	68,92	165,91	70,73	74,58
Рязанская область	215,67	91,94	70,28	129,64	55,27	70,20
Смоленская область	217,17	92,58	66,79	150,17	64,02	68,01
Тамбовская область	220,38	93,96	66,75	125,33	53,43	66,62
Тверская область	206,69	88,12	68,38	119,76	51,06	69,46
Тульская область	210,47	89,73	70,50	132,64	56,55	69,80
Ярославская обл.	202,62	86,38	72,68	128,54	54,80	71,11
Республика Карелия	195,30	83,26	74,15	113,38	48,34	74,24
Республика Коми	220,72	94,10	68,58	135,46	57,75	69,03
Архангельская область	212,66	90,66	70,62	137,70	58,71	69,96
Вологодская область	204,88	87,34	74,04	127,70	54,44	73,08
Калининградская область	218,96	93,35	68,54	152,84	65,16	67,81
Ленинградская область	218,35	93,09	73,20	124,68	53,15	74,04
Мурманская область	179,46	76,51	75,66	94,40	40,25	78,32

Продолжение таблицы 5.6

Регион	Коровы			Другое поголовье КРС		
	Валовая энергия, МДж/гол. в год	Коэффициент выбросов, кг CH_4/гол. в год	Коэффициент перевариваемости кормов, DE%	Валовая энергия, МДж/гол. в год	Коэффициент выбросов, кг CH_4/гол. в год	Коэффициент перевариваемости кормов, DE%
Новгородская область	209,85	89,46	68,18	126,82	54,07	67,64
Псковская область	198,24	84,52	70,80	113,56	48,41	69,65
Республика Адыгея	211,18	90,03	66,65	106,44	45,38	67,59
Республика Дагестан	176,68	75,32	66,91	97,67	41,64	66,74
Ингушская Республика	188,00	80,15	70,77	61,89	26,38	70,58
Кабардино-Балкарская Республика	202,42	86,30	68,44	123,85	52,80	70,22
Республика Калмыкия	180,11	76,78	66,12	107,47	45,82	66,73
Карачаево-Черкесская Республика	196,59	83,81	66,20	146,70	62,54	65,94
Республика Северная Осетия	188,48	80,35	69,98	89,63	38,21	71,29
Чеченская Республика	200,72	85,57	66,18	123,27	52,55	68,52
Краснодарский край	210,24	89,63	72,71	118,55	50,54	73,96
Ставропольский край	206,19	87,91	67,74	125,90	53,68	67,38
Астраханская область	181,88	77,54	65,69	79,25	33,79	69,96
Волгоградская область	204,88	87,34	65,22	127,70	54,44	73,08
Ростовская область	206,35	87,97	67,64	121,05	51,61	66,26
Республика Башкортостан	211,29	90,08	67,41	134,07	57,16	68,35
Республика Марий-Эл.	214,76	91,56	68,32	120,97	51,57	74,92
Республика Мордовия.	211,73	90,27	70,08	118,08	50,34	71,00
Республика Татарстан	210,89	89,91	69,09	134,43	57,31	70,66
Удмуртская Республика	210,08	89,56	70,04	126,33	53,86	69,64
Чувашская Республика	213,78	91,14	67,78	139,74	59,57	68,82
Пермский край	208,61	88,94	69,40	128,64	54,84	70,96
Кировская область	216,39	92,25	71,16	131,26	55,96	70,21
Нижегородская область	208,41	88,85	70,58	123,35	52,59	70,24
Оренбургская область	201,55	85,93	67,17	116,67	49,74	67,17
Пензенская область	216,83	92,44	68,91	155,69	66,38	66,55
Самарская область	213,46	91,00	68,00	130,54	55,65	68,86

Продолжение таблицы 5.6

Регион	Коровы			Другое поголовье КРС		
	Валовая энергия, МДж/гол. в год	Коэффициент выбросов, кг CH_4/гол. в год	Коэффициент перевариваемости кормов, DE%	Валовая энергия, МДж/гол. в год	Коэффициент выбросов, кг CH_4/гол. в год	Коэффициент перевариваемости кормов, DE%
Саратовская область	196,61	83,82	69,62	128,01	54,57	67,74
Ульяновская область	204,99	87,39	69,12	120,57	51,40	70,05
Курганская область	214,70	91,53	67,08	131,73	56,16	66,20
Свердловская область	219,71	93,67	70,18	135,97	57,97	69,48
Тюменская область	211,55	90,19	69,65	126,93	54,11	68,08
Челябинская область	216,85	92,45	67,78	127,36	54,30	69,85
Республика Алтай	194,51	82,93	66,02	118,11	50,35	65,24
Республика Бурятия	188,00	80,15	65,87	134,85	57,49	65,40
Республика Тыва	169,57	72,29	65,10	77,35	32,98	65,29
Республика Хакасия	203,32	86,68	67,82	138,84	59,19	66,30
Алтайский край	202,97	86,53	68,94	122,26	52,12	68,69
Красноярский край	211,13	90,01	69,20	132,04	56,29	68,66
Иркутская область	206,88	88,20	67,57	141,96	60,52	65,87
Кемеровская область	210,97	89,94	67,55	130,35	55,57	67,09
Новосибирская область	205,75	87,72	68,92	128,86	54,94	67,64
Омская область	209,04	89,12	67,61	129,47	55,20	67,29
Томская область	212,20	90,47	67,92	129,76	55,32	69,42
Читинская область	201,78	86,02	65,85	129,80	55,34	64,92
Республика Саха (Якутия)	200,87	85,64	64,71	116,01	49,46	65,55
Камчатский край	214,64	91,51	66,32	123,96	52,85	67,00
Приморский край	210,66	89,81	66,51	147,56	62,91	66,69
Хабаровский край	191,55	81,66	67,57	93,87	40,02	68,81
Амурская область	205,48	87,60	70,02	133,47	56,90	67,55
Сахалинская область	217,09	92,55	67,97	128,58	54,82	66,70
Чукотский автономный округ	150,38	64,11	84,07	61,67	26,29	84,21
Республика Крым	203,88	86,92	67,80	112,00	47,75	71,09

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 38,5% в 2006 г. до 83,8% в 2020 г.) с более высокой перевариваемостью. Данное пояснение приведено в соответствии с рекомендациями группы экспертов по обзору кадастра 2014 года.

Расчет выбросов метана 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 Российской Федерации, использованные в настоящем кадастре, приведены в таблице 5.6.

Коэффициент выбросов метана при внутренней ферментации у северных оленей получен из Базы данных коэффициентов эмиссии МГЭИК (IPCCEFDB), номер 413623, и равен 19,9 кг CH_4/гол. • 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 метана при внутренней ферментации у северных оленей был принят как национальный и использован в расчетах. Он хорошо согласуется с коэффициентом по умолчанию (20 кг CH_4/гол. • год) из (МГЭИК, 2006) для оленей (табл. 10.10).

Для расчета коэффициента выброса метана при внутренней ферментации у кроликов и пушных зверей использован подход, предложенный в Руководящих принципах МГЭИК 2006 года (МГЭИК, 2006) стр. 10.26, 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 метана при внутренней ферментации, при условии общего сходства пищеварительных систем у данных видов животных.

Так, коэффициент выброса для пушных зверей рассчитывался по данным свиней:

$$EF = [(\text{масса норки, кг}) / (\text{масса свиньи, кг})]^{0,75} \bullet EF_{\text{свиней}},$$

а коэффициент для кроликов рассчитывался по данным ослов. Средний вес животных определен на основании (Балакирев, Кузнецов, 2006) и равен: для кроликов 3 кг, норок – 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 CH_4/голову). Средняя масса свиней (56 кг) – определена по статистическим данным в 2010 г.

Пересчетные коэффициенты, а также общий выброс при внутренней ферментации за последний год кадастра приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7.

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	86,33	693,10
КРС (без коров)	56,73	592,01
Буйволы	55	0,35
Овцы	8	174,33
Козы	5	10,35
Верблюды	46	0,26
Лошади	18	23,60
Мулы	10	0,002
Ослы	10	0,06
Свиньи	1,20	30,73
Северные олени	19,9	34,51
Кролики	0,59	2,12
Лисицы	0,3	0,01
Песцы	0,27	0,002
Норки	0,06	0,06
Нутрии	0,35	0,00003
Всего		1 561,50

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 2006 г. (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 3.1. 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 метана от внутренней ферментации от 6,6% до 1,83%.

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

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).

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. Потребление кормов в пересчете на сухое вещество (кг/день) не превышает 3% от массы животных для всех лет расчетного периода;
- ежегодно данные о поголовье сельскохозяйственных животных соотносятся со статистической информацией, публикуемой ФАО. По состоянию на 2020 год расхождений с данными ФАО не выявлено;
- Росстат при формировании сводных данных осуществляет анализ и контроль статистических данных, получаемых от субъектов Российской Федерации. 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 (МГЭИК, 2006), а также значения средних надоев молока за период с 1990 по 2020 годы. В целом тренд рассчитанных коэффициентов выброса метана при внутренней ферментации у коров положительно коррелирует с надоями молока за весь период рассчетов (коэффициент корреляции равен 0,9).

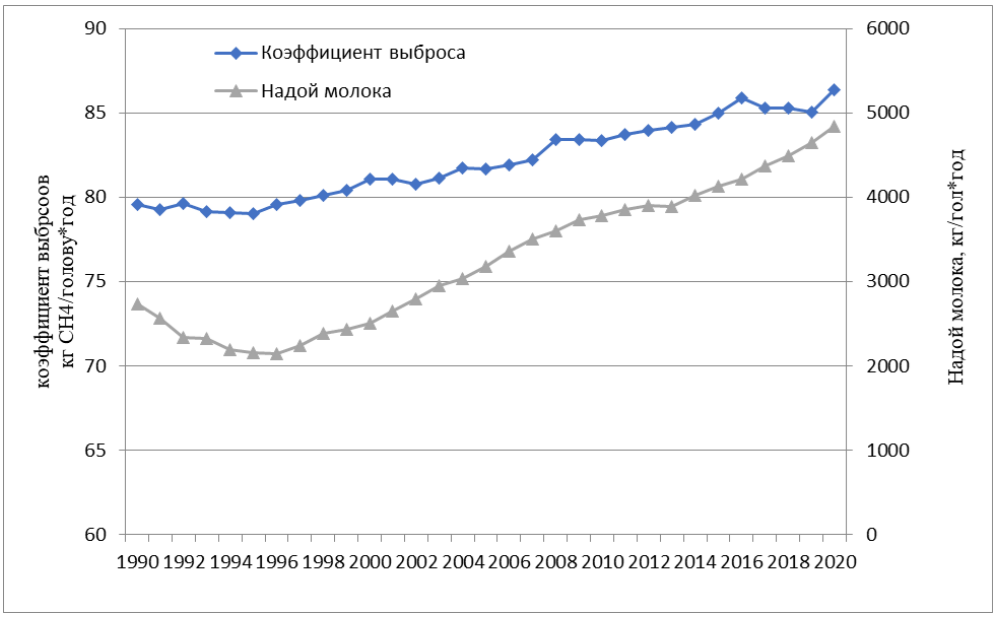

Рисунок 5.4 Коэффициенты выбросов метана при внутренней ферментации у коров и надои молока

5.3.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной категории в настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

– для всех лет периода 1990 – 2019 год пересчитаны значения валовой энергии и коэффициенты эмиссии метана в результате внутренней ферментации согласно Уровню 2 Руководящих принципов (МГЭИК,2006).
– для всех лет периода 2016 – 2019 год скорректированы значения поголовья коров, КРС (без коров), свиней, овец и коз и выполнены соответсвующие пересчеты.

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 CH_4 от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета (3B1)

5.4.1 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 Российской Федерации, почти 90% выброса метана от кишечной ферментации обусловлено жизнедеятельностью КРС, который характеризуется наиболее интенсивными ферментативными процессами. В суммарные выбросы от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета, кроме крупного рогатого скота, существенный вклад вносят отходы свиноводческих ферм.

В течение рассматриваемого периода соотношение вкладов разных видов животных и птицы в общие выбросы метана 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.

5.4.2 Методологические подходы

При расчете выбросов CH_4 от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета 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, 2005-2020; интернет-сайт Росстата (http://www.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, хранения и использования навоза КРС и свиней рассчитаны по Уровню 2 методики МГЭИК (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 валовой энергии (*GE*) для КРС и свиней были рассчитаны при оценке выбросов метана при внутренней ферментации у этих видов сельскохозяйственных животных. Коэффициенты перевариваемости (*DE%*) у КРС разных видов кормов также оценивались по справочным данным (Шпакова А.П. и др., 1991). 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 (МГЭИК, 2006 (стр. 10.58)) было проведено сопоставление национальных параметров VS с данными по умолчанию. Так, для свиней национальное значение VS в 2020 г. составляет 0,36, 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 3,44, а значение по умолчанию равно 4,5 для стран Восточной Европы (табл. 10А-4). Для другого поголовья КРС национальный коэффициент составляет 2,39, а значение по умолчанию – 2,7 (табл. 10А-5).

После определения величин суточного выделения летучих твердых веществ (VS) 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 6.5 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 (с естественной коркой), и, частично, могут быть использованы системы сухого хранения.

Коэффициенты преобразования метана для данных систем (MCF) были приняты по умолчанию. Среднегодовая температура в Российской Федерации не превышает 15°С, 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°С, при этом колебания по регионам могут быть от -13°С (Таймырский а.о.) до +12°С (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°С) (таблица 10.17 (МГЭИК, 2006)).

В соответсвии с рекомендациями экспертов группы по проверке 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°С 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 10% не приводит к недооценке общих выбросов метана от систем сбора, хранения и использования навоза.

Методология расчета выбросов метана 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 кг CH_4/гол • год) взят из первоисточника (Sneathetal., 1997) и очень близок к значению по умолчанию (0,36 кг CH_4/гол • год).

Результаты расчетов для последнего года, а также используемые пересчетные коэффициенты представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8

Пересчетные коэффициенты и выбросы CH_4 от систем сбора, хранения и использования продуктов жизнедеятельности скота и птицы в последний год кадастра.

Категория сельскохозяйственных животных и птицы	**Коэффициент выбросов для навоза и птичьего помета, кгCH_4/гол•год**	**Выбросы CH_4 от навоза и помета, тыс. тонн**
Коровы	3,70	29,68
КРС (без коров)	2,94	30,71
Буйволы	5,00	0,03
Овцы	0,19	4,14
Козы	0,13	0,27
Верблюды	1,58	0,01
Лошади	1,56	2,04
Мулы	0,76	0,0001
Ослы	0,76	0,01
Свиньи	5,63	143,82
Птица	–	–
мясные куры, петухи	0,02	0,29
куры-несушки	0,03	4,37
цыплята	0,02	7,24
гуси	0,02	0,004
гусята	0,02	0,0001
другая взрослая птица	0,045	0,30
молодняк другой птицы	0,02	0,31
Северные олени	0,369	0,64
Кролики	0,08	0,29
Лисицы	0,68	0,02
Песцы	0,68	0,01
Норки	0,68	0,70
Нутрии	0,68	0,0001
Всего		224,88

Полученные национальные коэффициенты для коров несколько ниже коэффициентов выбросов, предлагаемых по умолчанию для этих животных для стран Восточной Европы с холодным климатом (10°С) (МГЭИК, 2006) – 11 кг CH_4/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 CH_4 по сравнению с системами жидкого хранения. Кроме того, средний вес молочных коров несколько ниже, чем вес по умолчанию (514 кг на начало 2020 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 CH_4/гол. • год). Это можно объяснить, как меньшей долей систем жидкого хранения в Российской Федерации, чем это принято для расчетов по умолчанию (МГЭИК, 2006, табл. 10А-5).

Национальный коэффициент выброса для свиней, напротив, хорошо согласуется с коэффициентами по умолчанию: 3 кг CH_4/гол. • год для товарных и 4 кг CH_4/гол. • год для племенных (МГЭИК, 2006, таблица 10.14).

В соответствии с рекомендацией группы экспертов по проверке 2016 г. оценен уровень выбросов CH_4 от систем хранения помета страусов в Российской Федерации. Согласно результатам ВСХП в России в 2016 г. было около 3064 голов страусов. Применяя коэффициент по умолчанию из методики МГЭИК 2006 г. (МГЭИК, 2006), таблица 10А-9, 5,67 кг/CH_4гол. • год, общий выброс от помета страусов составляет около 27 783 кг CH_4 в 2006 (или 0.69 тыс. тонн CO_2 экв.). Эта величина соответствует 0,000027% общенационального выброса в CO_2 экв. в 2006 году без учета сектора ЗИЗЛХ. Таким образом, выбросы CH_4 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.

5.4.3 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 г. (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 3.1.

Точность определения соотношения разных систем сбора, хранения и использования навоза и помета в стране принята равной ±10%. Для разработанных уточненных значений доли жидкостных систем хранения навоза использовано меньшее значение неопределенности, равное ±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.

5.4.4 Обеспечение и контроль качества

См. раздел 5.3.4 выше.

5.4.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной категории в настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

- для всех лет период 1990 – 2019 пересчитаны значения валовой энергии, VS, коэффициенты выбросов метана для коров и КРС (без коров) с использованием Уровня 2 методики МГЭИК,2006 (МГЭИК, 2006).

- скорректированы значения поголовья коров, КРС (без коров), свиней, овец и коз за период 2016 – 2019 гг. и выполнены соответствующие пересчеты.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.5 Выбросы N_2O от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета (3B2)

5.5.1 Прямые выбросы N_2O

5.5.1.1 Характеристика категории

Согласно (МГЭИК, 2006) прямые выбросы N_2O происходят в ходе комбинированной нитрификации-денитрификации содержащегося в навозе азота. Выброс N_2O 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 N_2O из хранящегося навоза. Нитрификация может происходить в хранящемся навозе при условии достаточного поступления кислорода. 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 NOx. 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 закиси азота от категории 3B2, что обусловлено широким применением этих систем в животноводстве и птицеводстве страны. В 2020 году прямые выбросы N_2O от систем хранения в твердом виде составили 13,04 тыс. тонн.

5.5.1.2 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 (*Nintake*, кг) и фракция удерживаемого азота в теле животного (*Nretention*). Поглощение азота рассчитывалось на основе уравнения 5.3:

$$\text{Nintake} = \text{GE} / 18.45 \bullet (\text{CP\%} / 100) / 6.25, \qquad (5.3)$$

где: CP% – содержание сырого протеина в корме, %.

Средние значения CP для разных видов кормов КРС и свиней были определены по справочным данным (Шпакова А.П. и др., 1991). Исходная информация представлена в таблицах приложения 3.1 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 5.9.

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 проверке 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, 2005-2020; интернет-сайт Росстата (http://www.gks.ru)).

Для коров и свиней использовались значения по умолчанию Nretention 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).

Таблица 5.9

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	16,9	16,12	26,1		
Сочные корма	12,32	23,7	12,32	21,0	13,78	2,7
Грубые корма	11,61	26,2	11,61	27,2	13,83	0,1
Концентраты (без комбикормов)	23,57	21,1	23,57	17,9	23,51	11,4
Комбикорма	49,22	12,0	49,22	7,9	31,14	83,8
Животные корма					41,73	1,9
Средневзвешенное значение СР, %	19,59		18,05		29,99	

Расчет экскретируемого азота (*Nex*) для всех КРС и свиней выполнялся по уравнению 5.4:

$$Nex = Nintake \cdot (1-Nretention) \quad (5.4)$$

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 5.10.

Таблица 5.10

Экскреция азота сельскохозяйственными животными и птицей в отчетный год, кгN/гол.•год

Категории сельскохозяйственных животных и птицы	**Экскреция азота, кг N/год • год**
Коровы	100,47
КРС (без коров)	25,46
Буйволы	44,38
Свиньи	20,30
Овцы	11,50
Козы	16,40
Лошади	36,79
Мулы	14,2
Ослы	14,2
Верблюды	30,1
Птица	
мясные куры и петухи	1,7
куры-несушки	1
цыплята	0,6
гуси	2,2
гусята	1,5
другая взрослая птица	2,1
молодняк другой птицы	1,5
Северные олени	8,48
Кролики	8,1
Лисицы, песцы	12,09
Норки, нутрии	4,59

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 Российской Федерации 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 хранения навоза, приведенных в Руководящих принципах МГЭИК (МГЭИК, 2006). Так, в сельскохозяйственных предприятиях, фермерских и личных хозяйствах в Российской Федерации 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 и 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%).

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 крупного рогатого скота и свиней. Согласно этим нормам (в ответ на замечания группы экспертов по углубленной проверке Национального кадастра парниковых газов Российской Федерации 2010 года) 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. В результате проведенных расчетов доля систем жидкостного хранения навоза свиней изменяется от 66% в 1990 г. до 41% в 2004-2005 гг. В 2020 г. эта величина составляла 83,1 %. Для другого поголовья КРС (без коров) диапазон изменений составлял от 26% (1990г.) до 14% (2010г.), а в 2020 доля систем жидкого хранения равна 8,1 %. Изменения доли систем жидкого хранения в течение рассматриваемого периода обусловлены динамикой численности животных, находящихся на откорме. В соответствии с рекомендациями группы экспертов по проверке Национального кадастра в 2011 г. ежегодные данные по системам сбора и хранения навоза свиней и КРС (без коров) приводятся в тексте НДК в таблице 5.11.

Таблица 5.11

Соотношение основных типов систем сбора, хранения и использования 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
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
2011	14,56	57,79	27,64	56,72	43,28
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	8,11	60,52	25,45	76,93	23,07
2018	8,09	60,28	25,70	78,94	21,06
2019	8,09	66,46	25,45	81,0	19,0
2020	8,15	65,7	26,07	83,1	16,89

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 5.12.

Таблица 5.12

Соотношение основных типов систем сбора, хранения и использования 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	83,1	16,9
КРС (без коров)	8,1	65,8	26,1
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	81,0	19,0	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 Российской Федерации (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).

5.5.1.3 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 2006 г. (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 3B по Уровню 2, были математически рассчитаны по данным, представленным в приложении 3.1.

Точность определения соотношения разных систем сбора, хранения и использования навоза и помета в стране принята равной ±10%. Для разработанных уточненных значений доли жидкостных систем хранения навоза использовано меньшее значение неопределенности, равное ±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.

5.5.1.4 Обеспечение и контроль качества

См. раздел 5.3.4 выше.

5.5.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной категории в настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

- согласно рекомендации экспертов группы по проверке кадастра в 2018 году для всех лет периода 1990 – 2019 выполнен рассчет 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 крупного рогатого скота (КРС) (без коров) для всех лет периода 1990 – 2019;
- для всех лет период 2016 – 2019 скорректированы значения поголовья коров, КРС (без коров), овец, коз, свиней и выполнены соответсвующие пересчеты.

Усовершенствования, выполненные в ответ на рекомендации групп по проверке, 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.

5.5.2 Косвенные выбросы N_2O и общие потери азота в системах сбора и хранения навоза и помета. Количество азота, вносимого в почвы.

5.5.2.1 Характеристика категории

См. раздел 5.5.1.1 выше.

Согласно полученным оценкам, потери азота от улетучивания в системе жидкого хранения в 2020 году составили 210,54 тыс. тонн азота, а в системах сухого хранения – 521,42 тыс. тонн. Всего косвенный выброс N_2O от систем сбора и хранения навоза и помета оценивается в 2020 году величиной 11,50 тыс. тонн N_2O.

5.2.2.2 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 NOx. Согласно рекомендациям МГЭИК потери при вымывании могут быть оценены только при условии наличия конкретной информации о доле потерь азота из разных систем хранения (МГЭИК, 2006, стр. 10.64), 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 Российской Федерации, а национальные коэффициенты не доступны, нами применялся метод Уровня 1 и оценивались только выбросы от улетучивания азота. Для косвенных выбросов при вымывании соединений азота в отчетных таблицах ОФД использовалось обозначение «NE».

Расчет производился по уравнению 10.26 (МГЭИК, 2006). Доли азота, которые улетучиваются в виде NH_3 и NOx в каждой системе сбора и хранения, взяты из таблицы 10.22. Учитывая, что в системах сухого хранения, которые используются при содержании птицы в Российской Федерации, применяется подстилка, для птицы были использованы коэффициенты по категории «домашняя птица с подстилкой». Коэффициенты потерей азота с улетучиванием, использованные в кадастре, приведены в таблице 5.13.

Таблица 5.13

Коэффициенты потерь азота из систем сбора и хранения с улетучиванием N-NH_3 и N-NOx ($Frac_{ГазMS}$) и общие потери азота, %

Категория сельскохозяйственных животных и птицы	Потери азота с улетучиванием N-NH_3 и N-NOx		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 + NOx-N (МГЭИК, 2006, табл. 11.3).
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 5.12 выше. Количество азота навоза и помета, которое остается в системах сухого хранения (т.е. за вычетом общих потерь азота), в отчетный год равно 1 008 058 579,54 кг N, а в системах жидкого хранения равно 231 689 079,28 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 системам 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 принято 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 5.14.

Таблица 5.14

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	0,56
КРС (без коров)	1	0,9	0,00383	0,82
Овцы	0,2	0,2	0,00079	0,24
Козы	–	–	–	0,24
Свиньи	0,6	0,5	0,00216	0,25
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 5.15.

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 2020 г., соответствует 52 343 357,17 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.

Таблица 5.15

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

В 2020 г. общая величина азота в системах хранения навоза и помета для последующего внесения в почвы соответствует величине 1 292 091 015,99 кг N (см. табл. 5.16).

Таблица 5.16

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	468 784 175,57	2 233 649 305,09	112 561 105,48	2 814 994 586,14
1995	249 734 712,00	1 628 737 857,44	86 038 091,75	1 964 510 661,20
2000	144 107 373,16	1 034 933 328,11	57 410 123,07	1 236 450 824,34
2005	104 322 597,82	960 869 716,61	51 467 860,71	1 116 660 175,14
2010	135 540 049,90	1 024 404 000,93	53 392 732,07	1 213 336 782,90
2011	143 401 628,34	994 245 529,81	52 425 940,27	1 190 073 098,42
2012	153 746 625,20	1 011 914 986,18	51 488 612,40	1 217 150 223,78
2013	173 004 189,37	1 030 783 895,15	52 237 098,90	1 256 025 183,42
2014	177 278 925,68	1 018 711 002,03	52 722 530,55	1 248 712 458,25
2015	182 202 204,20	1 032 579 695,59	52 799 262,93	1 267 581 162,71
2016	203 713 337,41	1 041 937 085,53	54 425 042,10	1 300 075 465,04
2017	200 863 517,38	1 034 333 583,01	53 778 923,55	1 288 976 023,93
2018	211 609 807,69	1 031 742 633,29	52 379 053,10	1 295 731 494,08
2019	221 457 176,87	939 440 287,53	51 473 840,56	1 212 371 304,96
2020	231 689 079,28	1 008 058 579,54	52 343 357, 17	1 292 091 015,99

5.5.2.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

См. раздел 5.5.1.3 выше.

5.5.2.4 Обеспечение и контроль качества

См. раздел 5.5.1.4 выше.

5.5.2.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

– для всех лет период 1990 – 2019 пересчитаны значения выбросов закиси азота.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.6 Рисоводство (3C)

5.6.1 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 5.17. 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 5.17

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
2011	25,75
2012	24,67
2013	23,22
2014	24,06
2015	24,88
2016	25,41
2017	23,02
2018	22,31
2019	23,91
2020	24,38

5.6.2 Методологические подходы

Информация о посевных площадях риса в хозяйствах всех категорий за период с 1990 по 2019 гг. включительно взята из официальных статистических публикаций Росстата, приведенных на веб-сайте Росстата (Госкомстат России, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2020; интернет-сайт Росстата (http://www.rosstat.gov.ru)).

Расчет выбросов метана 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 (глава 5 том 4 (МГЭИК, 2006)).

Базовый коэффициент выбросов для постоянно затопленных полей без внесения органических добавок (EFc) принят по умолчанию равным 1,3 кг CH_4/га/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 (SFw) 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 метана по водному режиму до периода культивации риса (SFp) 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. (SFc,r) в настоящем кадастре не применялся ввиду отсутствия детальной соответствующей статистической информации.

Для расчета поправочного коэффициента при внесении органических добавок (SFo) 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 Левина (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) CFOAi 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 площади рисовых чеков в крае соответствовали более 55% от общей посевной площади риса в России, а в 2020 году эта величина соответствовала 70,9%. По данным администрации Краснодарского края в 1990 году под 144,5 тыс. га риса было внесено 73,5 тыс. тонн органических добавок. В 2007 году 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 году 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, 16 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 SF_0. 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 нами 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/.

5.6.3 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 2006 г. (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.

5.6.4 Обеспечение и контроль качества

Для данной категории выполняется стандартный набор методов контроля качества. Учитывая, что выбросы CH_4 при выращивании риса не относятся к ведущим источникам в сельском хозяйстве России отдельные процедуры обеспечения качества оценок именно по данной категории не применялись.

5.6.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре были выполнены пересчеты выбросов от выращивания риса за 2018 и 2019 годы, так как были скорректированы значения внесения доз орагнических удобрений под рис.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.7 Прямые выбросы от сельскохозяйственных земель (3D1)

5.7.1 Характеристика категории

В России аграрный сектор является ведущим источником антропогенного выброса N_2O в атмосферу. При этом основной вклад в общий национальный выброс N_2O дают сельскохозяй-

ственные земли, включая обрабатываемые торфяные почвы. Прямой выброс N_2O из сельскохозяйственных почв в 2020 г. соответствовал 76,7% 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 (31,8%), а в 2020 г. ведущее место принадлежит выбросам от осушенных земель пашен и кормовых угодий (37,9%). При резком снижении объемов вносимых минеральных удобрений и сокращении поголовья сельскохозяйственных животных минерализация растительных (пожнивных и корневых) остатков обусловливает от 18,1 (в 1990г.) до 22,2 % (в 2020 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 2020 г. эта величина составила 45,3 % от уровня 1990 г. (41,2 тыс. тонн) и доля минеральных удобрений в прямых выбросах N_2O сократилась от 32 до 23,7 % за период с 1990 по 2020 г. Вклад органических удобрений (навоза и помета) в среднем в течение исследуемого периода составляет 13,1 %, составляя 14,9 % (в 1990г.) и 14,5 % (в 2020 г.); вклад навоза, оставленного на пастбищах, составляет 7,8% (в 1990г.) и 4,8% (в 2020 г.); вклад органогенных земель увеличился от 27,4% (в 1990г.) до 37,9 % (в 2020 г.) от общего прямого выброса N_2O от сельскохозяйственных земель страны соответственно.

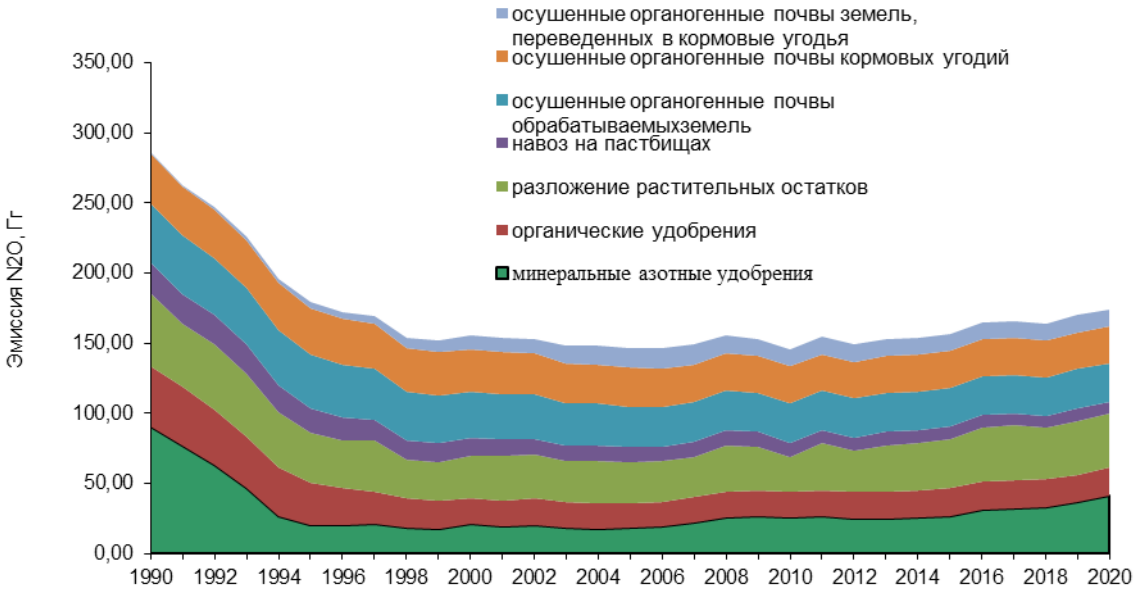

Рисунок 5.5 – Прямой выброс N_2O от сельскохозяйственных земель Российской Федерации за исключением выбросов в результате минерализации азота

5.7.2 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 Росийской Федерации. Количество азотных удобрений, использованных в 1990, 1993 и после 2003г., были получены из отчетных материалов Росстата и данных статистики на интернет-сайте Росстата (http://www.gks.ru). Внесение азотсодержащих минеральных удобрений в 1996, 1997 и 1999 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 64,2%. 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 NOx, улетучивающихся после внесения удобрений в почву.

Расчет прямого выброса закиси азота 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 2020 года приведены в таблице 5.18.

Таблица 5.18

Внесение минеральных азотных удобрений, коэффициенты выброса и выброс N_2O от минеральных азотных удобрений в отчетном году

	Черноземы	**Дерново-подзолистые почвы**	**Другие типы почв**	**Внесение под рис**
Внесение минеральных азотных удобрений, тыс. тонн N	1228,42	281,71	406,26	22,80
Коэффициенты выброса, кг N-N_2O/кг N внесенных удобрений	0,0126[1)]	0,0238[1)]	0,01[2)]	0,003[2)]
Выбросы N-N_2O, тыс. тонн	15,48	6,70	4,06	0,0001

[1)] *Национальные коэффициенты (Романовская, 2000; Romanovskaya et al., 2002).*
[2)] *Коэффициент, рекомендованный МГЭИК (МГЭИК, 2006).*

Рассчитанное значение национального коэффициента потерь N_2O 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 закиси азота. Высокая влажность, сильная кислотность и недостаточная аэрация дерново-подзолистых почв может обусловливать повышенную эмиссию N_2O (Куракова, Умаров, 1984; Макаров, 1967, 1994; Степанов, 2000).

Органические удобрения (3D1.2). Оценка выброса N_2O 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 Российской Федерации 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 (МГЭИК, 2006, глава 11 том 4) необходимо учесть фракцию азота навоза и помета, используемую в качестве топлива, для строительства или для кормления. Данные виды использования навоза/помета в Российской Федерации 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 N_2O от органических удобрения принят равным по умолчанию 0,01 кг N_2O–N/кг N, а коэффициент выбросов от внесения под рисовые поля – 0,003 кг N_2O–N/кг N (таблица 11.1 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)).

В 2020 г. прямые выбросы N_2O от внесения органических удобрений в обрабатываемые почвы, включая внесение под рис, соответствовали величине 12,70 тыс. тонн N_2O–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 кг N_2O – N/кг N; для овец и остальных видов пастбищных животных – 0,01 кг N_2O – N/кг N (МГЭИК, 2006).

В 2020 году выброс N_2O от навоза и помета, оставленных на пастбищах и огороженных выпасах составил 5,30 тыс. тонн N_2O–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, 1992a; 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:

$$Ab \text{ или } Un = \Sigma_i ((a_i Y_i + b_i) \cdot N_i) \cdot S_i, \qquad (5.6)$$

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 ±10%.

Таблица 5.19

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•Y+3,2) •0,45/100 =(0,2•Y+6,3) •0,45/100	=(0,6•Y+8,9) •0,75/100 = (0,6•Y+13,9) •0,75/100
озимая пшеница	10-25 26-40	=(0,4•Y+2,6) •0,45/100 =(0,1•Y+8,9) •0,45/100	=(0,9•Y+5,8) •0,75/100 = (0,7•Y+10) •0,75/100
яровая пшеница	10-20 21-30	=(0,4•Y+1,8) •0,65/100 =(0,2•Y+5,4) •0,65/100	=(0,7•Y+10,2) •0,8/100 = (0,8•Y+6) •0,8/100
ячмень	10-20 21-35	= (0,4•Y+1,8) •0,5/100 =(0,09•Y+7,6) •0,5/100	=(0,8•Y+6,5) •1,2/100 =(0,4•Y+13,45) •1,2/100
овес	10-20 21-35	= (0,3•Y+3,2) •0,6/100 = (0,15•Y+6,12) •0,6/100	= (1•Y+2) •0,75/100 = (0,4•Y+16) •0,75/100
просо	5-20 21-30	=(0,2•Y+5) •0,5/100 =(0,3•Y+3,3) •0,5/100	=(0,8•Y+7) •0,75/100 = (0,56•Y+11,2)*0,75/100
кукуруза на зерно	10-35	= (0,23•Y+3,5) •0,75/100	= (0,8•Y+5,8) •1/100
горох	5-20 21-30	=(0,14•Y+3,5) •1,25/100 =(0,2•Y+1,7) •1,25/100	=(0,66•Y+7,5) •1,7/100 = (0,37•Y+12,9) •1,7/100
гречиха	5-15 16-30	= (0,25•Y+4,3) •0,8/100 =(0,2•Y+5,2) •0,8/100	=(1,1•Y+5,3) •0,85/100 =(0,54•Y+14,1) •0,85/100
подсолнечник	8-30	= (0,4•Y+3,1) •1,4/100	= (1•Y+6,6) •1,2/100
картофель	50-200 201-350	= (0,04•Y+1) •1,8/100 = (0,03•Y+4,1) •1,8/100	= (0,08•Y+4) •1,2/100 = (0,06•Y+8,6) •1,2/100
сахарная свекла	100-200 201-400	=(0,003•Y+2,5) •1,4/100 =(0,02•Y+0,8) •1,4/100	=(0,06•Y+5,45) •1,2/100 = (0,07•Y+3,5) •1,2/100
овощи	50-200 201-400	= (0,02•Y+1,5) •0,35/100 =(0,006•Y+3,6) •0,35/100	=(0,06•Y+5) •1/100 =(0,04•Y+6) •1/100
кормовые корнеплоды	50-200 201-400	= (0,003•Y+2,4) •1,3/100 =(0,01•Y+1) •1,3/100	=(0,05•Y+5,2) •1/100 =(0,05•Y+5,5) •1/100
лен	3-10	=(1,3•Y+9.4) •0,8/100	
конопля	3-10	= (2,2•Y+9.1) •0,5/100	
силосные	100-200	= (0,03•Y+3,6) •0,8/100	= (0,12•Y+8,7) •1,2/100
кукуруза на силос	100-200 201-350	=(0,03•Y+3,6) •0,8/100 =(0,02•Y+5) •0,8/100	=(0,12•Y+8,7) •1,2/100 = (0,08•Y+16,2) •1,2/100
однолетние травы	10-40	= (0,13•Y+6) •1,1/100	= (0,7•Y+7,5) •1,2/100
многолетние травы	10-35 36-60	=(0,2•Y+6) •1,9/100 =(0,1•Y+10) •1,9/100	=(0,8•Y+11) •2,1/100 = (1•Y+15) •2,1/100

Статистические данные по валовому сбору основной продукции и посевным площадям культурных растений приведены в Приложении 3.1 (табл. П.3.1.3) 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, 2009-2021; 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 эфиро-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 N_2O–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, и 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.

Согласно оценкам настоящего кадастра, потери (минерализация) почвенного органического вещества наблюдается в почвах обрабатываемых земель для периода 2011-2020 годов, в то время как на почвах сенокосов и пастбищ происходит накопление углерода (см. раздел 6.4.3.1.1 настоящего доклада). Таким образом, оценка прямого выброса закиси азота производилась только для величин минерализованного почвенного органического вещества в почвах обрабатываемых земель.

На основе данных баланса углерода в почвах обрабатываемых земель (см. раздел 6.4.2.2 настоящего доклада и категорию 4В ОФД) и соотношения C/N, принятым равным 10 по умолчанию (МГЭИК, 2006) было рассчитано количество минерализованного азота F_{SOM} и оценены соответствующие прямые выбросы. 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. Следует отметить, что для исключения двойного учета потери углерода в почвах рисовых полей были вычтены из общей величины баланса углерода в почвах обрабатываемых земель.

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 5.20.

Таблица 5.20

Изменения запасов углерода в почвах обрабатываемых земель и прямой выброс N_2O при минерализации азота

Годы	**Изменения запасов почвенного органического углерода обрабатываемых земель, тыс. тонн С**		**Минерализованный азот, тыс. тонн**		**Выброс N_2O, тыс. тонн**
	все обрабатываемые почвы без рисовых полей	рисовые поля	все обрабатываемые почвы без рисовых полей	рисовые поля	
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
2011	977,16	345,59	97,72	34,56	1,70
2012	992,98	329,78	99,30	32,98	1,72
2013	1455,35	311,46	145,53	31,15	2,43
2014	1444,63	322,18	144,46	32,22	2,42
2015	1823,54	330,99	182,35	33,10	3,02
2016	3132,62	339,90	313,26	33,99	5,08
2017	3930,44	305,73	393,04	30,57	6,32
2018	3938,91	297,25	393,89	29,73	6,33
2019	3918,27	317,90	391,83	31,79	6,31
2020	3938,50	297,67	393,85	29,77	6,33

Органогенные почвы (3D1.6). 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 Росреестра по площадям осушенных земель для 2006 года доля органогенных почв на землях обрабатываемых земель определена равной 2,88%. Эта же доля была применена для оценки площади осушенных земель для всех лет с 1990 по 2005 годы. Для лет периода 2006-2020 ежегодная доля органогенных почв культивируемых земель рассчитана по статистическим данным площадей осушенных земель пашен и многолетних насаждений (Росреестр, 2007-2012, 2016 – 2020) и составляет 2,7-2,9%.

Методология расчета соответствует Уровню 1 и выполняется по уравнению 2.7 (Wetland supplement, 2014).

Применен национальный коэффициент выброса N_2O 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 N_2O соответствовала 7± 2 кг N_2O-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 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 года 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 закиси азота 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.

Рассчитанные площади органогенных почв и соответствующий выброс N_2O с них приведены в таблице 5.21.

Таблица 5.21

Площади осушенных органогенных почв на обрабатываемых землях и выброс N_2O с их территории, тыс. тонн

Годы	Площадь органогенных почв, га	Доля органогенных почв в общей площади культивируемых земель, %	Выброс N_2O, тыс. тонн
1990	3813747	2,88	41,95
1995	3480809	2,88	38,29
2000	2979874	2,88	32,78
2005	2630206	2,88	28,93
2010	2528800	2,80	27,82
2011	2513100	2,75	27,64

Продолжение таблицы 5.21

Годы	Площадь органогенных почв, га	Доля органогенных почв в общей площади культивируемых земель, %	Выброс N2O, тыс. тонн
2012	2507300	2,76	27,58
2013	2501600	2,74	27,52
2014	2502600	2,73	27,53
2015	2507500	2,73	27,58
2016	2507100	2,71	27,58
2017	2445079	2,70	26,90
2018	2519000	2,73	27,709
2019	2512000	2,73	27,632
2020	2501500	2,71	27,517

Согласно рекомендациям методики МГЭИК 2006 г. (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 года, эти выбросы были включены в отчетность сектора ЗИЗЛХ (раздел 7.2.3.1 в НДК 2014) и ОФД в разделе в категории 5D.2.II «Выбросы иных, чем CO_2, парниковых газов при осушении болот», в подкатегории «осушенные кормовые угодья».

Общая площадь кормовых угодий определена по данным (Госкомстат России, 1995b, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2015; Росреестр, 2007-2014), а с 2015 года – 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).Эта величина была использована для 1990 года. Для лет периода с 1991 по 2005 годы площади органогенных 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 по данным Росреестра. Их доля от общей площади кормовых угодий постепенно сокращается от 2,59% (2006г.) до 2,47 % (2020 г.). Уточнение площадей органогенных почв выполнено в соответствии с рекомендациями группы экспертов по проверке Национального кадастра Российской Федерации в 2011г.

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 закиси азота 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 приведены в таблице 5.22.

Таблица 5.22

Выбросы закиси азота на территории органогенных почв кормовых угодий, тыс. тонн

Годы	Площадь органогенных почв кормовых угодий, тыс. га/год	Доля органогенных почв в общей площади кормовых угодий, %	Выброс N_2O, тыс. тонн
1990	2404,2	3,00	35,89
1995	2220,8	2,82	33,15
2000	2037,5	2,80	30,42
2005	1854,17	2,63	27,68
2010	1771,0	2,53	26,44
2011	1765,0	2,51	26,35
2012	1765,3	2,51	26,35
2013	1762,1	2,50	26,31
2014	1759,5	2,48	26,27
2015	1758,1	2,49	26,25
2016	1756,1	2,48	26,22
2017	1759,3	2,48	26,26
2018	1759,4	2,48	26,27
2019	1762,8	2,48	26,32
2020	1753,8	2,47	26,18

Другие источники (3D1.7). В соответствии с рекомендациями групп экспертов по проверке в настоящем кадастре представлена оценка выброса N_2O от органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в сенокосы и пастбища. Соответствующие выбросы CO_2 и CH_4 от этих почв приведены в отчетности сектора ЗИЗЛХ, категория 4.С, раздел 4(II).

Площади органических почв на этих землях рассчитаны на основе ежегодных долей органогенных почв в общей площади культивируемых земель (%), приведенных в таблице 5.21 выше, и общих площадей переведенных земель.

Коэффициент выброса N_2O соответствует коэффициенту по умолчанию для луговых угодий бореальной зоны (9,5 кг $N\text{-}N_2O$/га/год) и взят из таблицы 2.5, раздел 2.2.2.2, стр. 2.28-29 (Wetlands supplement, 2014). Результаты расчетов приведены в таблице 5.23.

Таблица 5.23

Выбросы закиси азота на территории органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в кормовые угодья, тыс. тонн

Годы	Площадь органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в управляемые кормовые угодья, тыс. га/год	Доля органогенных почв в общей площади кормовых угодий, %	Выброс N_2O, тыс. тонн
1990	33,6	2,88	0,50
1995	286,0	2,88	4,27
2000	641,7	2,88	9,58
2005	916,5	2,88	13,68

Продолжение таблицы 5.23

Годы	Площадь органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в управляемые кормовые угодья, тыс. га/год	Доля органогенных почв в общей площади кормовых угодий, %	Выброс N_2O, тыс. тонн
2010	845,7	2,80	12,63
2011	813,0	2,75	12,14
2012	825,1	2,76	12,32
2013	812,6	2,74	12,13
2014	838,7	2,73	12,52
2015	826,8	2,73	12,34
2016	799,8	2,71	11,94
2017	789,17	2,70	11,78
2018	824,55	2,73	12,31
2019	831,24	2,73	12,41
2020	821,92	2,71	12,27

5.7.3 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 2006 г. (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 ± 50%. Для последних лет с 2006 года и далее эта величина составляет около ± 30%. Точность национального коэффициента выброса N_2O при культивации органогенных почв (Павлик, 2012) имеет неопределенность ± 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 закиси азота 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.

5.7.4 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. Нами 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 (http://www.gks.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 года 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 годах 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. Используя полученные величины, нами 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 2020 г. составляло 23,703 млн. тонн действующего вещества, а экспорт – 16,588 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 годы получены методом интерполяции), а также рассчитанное значение «*Bal*».

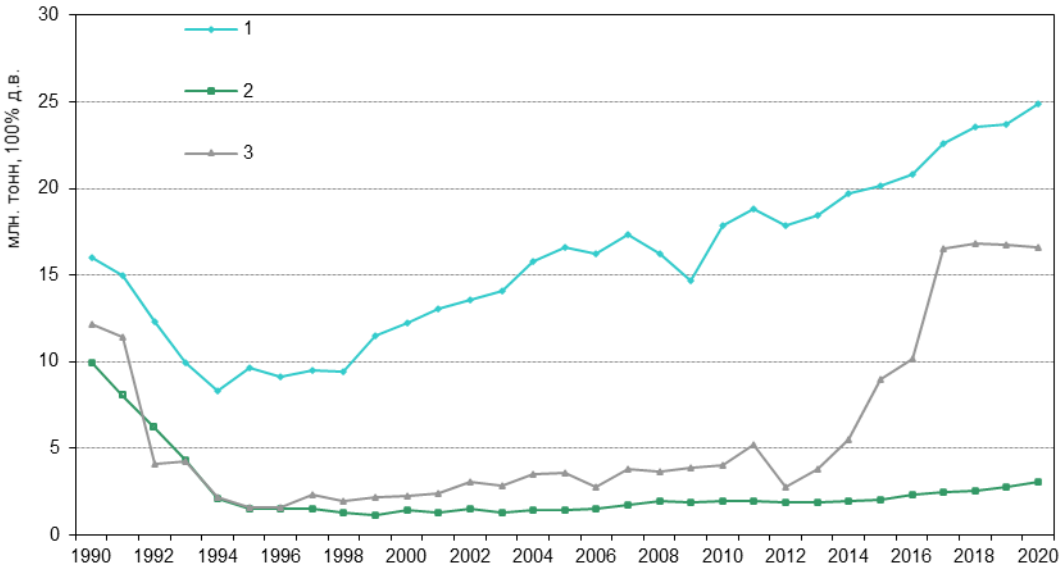

Рисунок 5.6 - Производство, внесение и продажи минеральных удобрений на внутреннем рынке Российской Федерации, где 1– производство удобрений; 2 – внесение удобрений под посевы; 3 – величина «Bal» (отражает продажи удобрений на внутреннем рынке России)

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 меламина). Одним из наиболее интенсивных путей использования продуктов синтеза минеральных удобрений является применение карбамида ($(NH_2)_2CO$) для производства различных видов смол (карбамидоформальдегидная смола КФМТ-15) и клеев. Кроме того, карбамид входит в состав пищевой добавки E927b, использующейся при производстве жевательной резинки, а также применяется для очистки выбросов ТЭЦ и мусоросжигательных установок. Далее карбамид-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 году 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 сырья[1)]

Годы	**Производство, тонн**		
	Карбамидные смолы (в пересчете на содержание сухого вещества)	**Карбамиднофурановые смолы**	**Пластические массы и синтетические материалы на основе мочевины и меламина**
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

Продолжене таблицы 5.24

	Производство, тонн		
	Смолы аминоформальдегидные (карбамидоформальдегидные, тиокарбамидоформальдегидные и меламиноформальдегидные) в первичных формах	**Смолы карбамиднофурановые в виде прессовочных масс**	**Смолы карбамидоформальдегидные в первичных формах**
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

[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) Внесены соответствующие изменения в наименование показателей.*

[2)] *С 2017 года информация Росстатом не разрабатывается*

Также в ходе углубленного рассмотрения Национального кадастра парниковых газов Российской Федерации 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

Продолжение таблицы 5.25

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 почвы1)
2007	3,64	1,78	1,7
2008	3,61	2,01	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	2,93	н/д	2,7
2020	8,79	н/д	3,0

[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 (http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_11/IssWWW.exe/Stg/d2/21-17.htm); в 2012 – 5,7 млн. тонн (http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139916653609)*

В ходе углубленной проверки Национального кадастра парниковых газов в 2012 году были обсуждены причины расхождения национальных данных о внесении минеральных удобрений в России и данными ФАО. 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 Российской Федерации 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 Российской Федерации 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 2020 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	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 Российской Федерации, 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 практически половина всех вносимых удобрений применяется под зерновые и зернобобовые (без кукурузы) культуры (см. таблицу 5.27). Таким образом, дозы удобрений, использованных под зерновые, имеют растущую тенденцию и могут в определенной степени объяснять увеличение их урожайности.

Таблица 5.27

Внесение минеральных удобрений под зерновые и зернобобовые культуры (без кукурузы) [1)]

Годы	Внесение азотных минеральных 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 кульутрами (без кукурузы) по отношению к общей площади зерновых и зернобобовых кульутр (без кукурузы)
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
2011	804,16	42,0	53,1
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
2019	1108,86	65,9	69,3
2020	1260,05	75,6	75,6

[1)] *Под урожай текущего года в сельскохозяйственных организациях (с 2008 года – без учета микропредприятий)*

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 нами было проведено сравнение с оценками, выполненными в соответствии с методикой по умолчанию МГЭИК 2006 года (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 1990г., 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 году отмечается небольшой рост

выброса от азота растительных остатков по сравнению с 2018 годом в связи с увеличением урожайности культур.

С 1990 по 2020 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 25,8%, 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 2006г. 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).

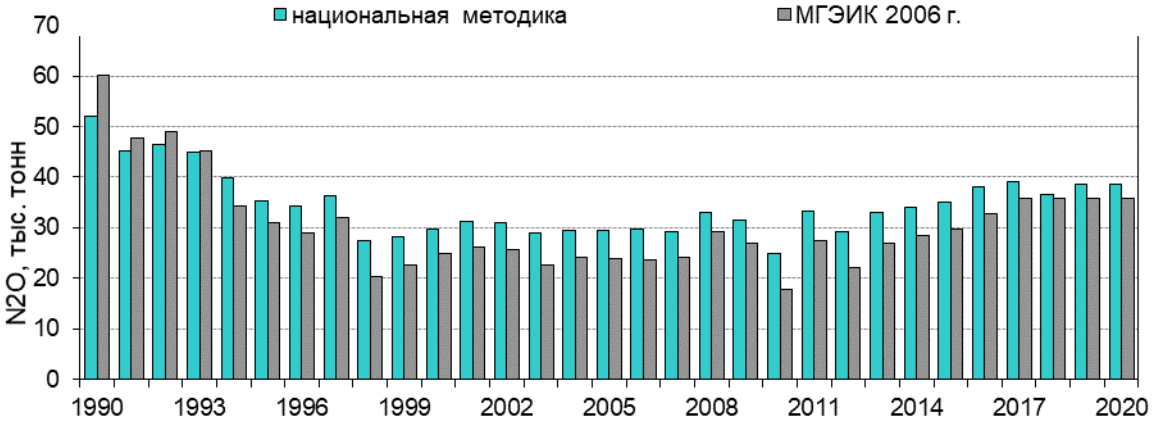

Рисунок 5.7 – Сравнение оценок выброса N_2O от азота растительных остатков по Уровню 2 методики МГЭИК 2006 года и по национальной методологии

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.

5.7.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

Для всех лет периода 1990 – 2019 был скорректированы коэффициент экскретируемого азота с использованием уравнения 10.33 Глава 10, том 4, часть 2 МГЭИК, 2006;

Пересчет коэффициента экскретируемого азота повлек за собой пересчет выбросов N2O от навоза, оставленного животными на пастбищах (3D1.3);

Пересчет количества минерализованного азота (3D1.5) для лет 2011 – 2018 годов выполнен вследствие уточнения оценок баланса углерода в посевах пахотных земель (см. категорию 4B глава 6)

Для всех лет периода 1990 – 2019 гг. был выполнен пересчет выбросов в результате улетучивания и вымывания азота.

Все указанные изменения повлекли за собой пересчеты выбросов в соответствующих категориях.

Усовершенствования, выполненные в ответ на рекомендации групп по проверке, 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.

5.8 Косвенные выбросы от сельскохозяйственных земель (3D2)

5.8.1 Характеристика категории

При расчете общего выброса закиси азота 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 закиси азота в отчетном году составляют 8,01 тыс. тонн N_2O от атмосферных выпадений и 22,50 тыс. тонн N_2O в результате вымывания соединений азота из почв.

5.8.2 Методологические подходы

Расчет косвенного выброса закиси азота 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 5.5.2 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 (таблица11.3) (МГЭИК, 2006). Среднее значение коэффициента выброса N_2O, образующегося в результате атмосферных выпадений антропогенных азотных соединений, взят из Руководящих принципов МГЭИК 2006г. – 0,01 кг N-N_2O/кг N эмиссий NH_3 и NOx (таблица 11.3) (МГЭИК, 2006).

Расчет косвенного выброса закиси азота при вымывании соединений азота из почв 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), количестве азота навоза, оставленного на пастбищах (раздел 5.7, категория 3D1.3),

количестве азота растительных остатков, поступающих в почвы (раздел 5.7, категория 3D1.4) и количестве минерализованного азота (раздел 5.7, 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).

5.8.3 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 г. (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.

5.8.4 Обеспечение и контроль качества

См. раздел 5.7.4 выше.

5.8.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре специфичных пересчетов категории Косвенные выбросы от сельскохозяйственных почв выполнено не было (см. также раздел 5.7.5).

Для всех лет периода 1990 – 2019 выполнены пересчеты косвенных выбросов при вымывании закиси азота.

Усовершенствования, выполненные в ответ на рекомендации групп по проверке, 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.

5.9 Контролируемое сжигание растительных остатков (3F)

Контролируемое сжигание растительных остатков на полях в Российской Федерации запрещено. Ниже приведены законодательные документы, относящиеся к данному запрету.

По данным Министерства природных ресурсов:

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 Российской Федерации 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 327 Приказа МЧС от 18 июня 2003 года № 313 «Об утверждении правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01–03)» не разрешается сжигание стерни, пожнивных остатков и разведение костров на полях. Существует соответствующее постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме», которым утверждены Правила противопожарного режима в Российской Федерации. 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 года № 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 года № 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 Российской Федерации от 13 августа 1996 года № 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 25.06.1976г. «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 года 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 Российской Федерации об административных правонарушениях: «Несоблюдение экологических требований при…эксплуатации предприятий или иных объектов», по статьям 8.2, 8.21 и 8.35 Кодекса Российской Федерации 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 исковые требования по выплате суммы причиненного экологического ущерба.

5.10 Выбросы от известкования, внесения мочевины и других углеродсодержащих удобрений (3.G-I)

5.10.1 Характеристика категории

В соответствии с решением 24/CP.19 Конференции Сторон РКИК ООН, выбросы CO_2 при известковании обрабатываемых земель должны быть представлены в секторе сельского хозяйства. В кадастрах, представленных до 2015 года, эти выбросы были включены в отчетность сектора ЗИЗЛХ (раздел 7.2.2.1.3 в НДК 2014).

В 2020 г. известкование почв привело к выбросу CO_2 в объеме 921,32 тыс. тонн CO_2.

В 2020 г. внесение в почвы мочевины привело к выбросу CO_2 в объеме 193,28 тыс. тонн CO_2.

5.10.2 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 нами для расчетов, весь углерод внесенных карбонатов теряется в виде CO_2 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 www.gks.ru). Согласно статистическим данным, подавляющее большинство из вносимых известковых материалов составляют известняковая и доломитовая мука.

Коэффициенты по умолчанию по выбросам CO_2 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 нами 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 CO_2 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 определённый 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 нами в расчетах.

Для расчетов применен коэффициент по умолчанию по выбросам CO_2 от мочевины, который составляет 0,20 (МГЭИК, 2006).

5.10.3 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 г. (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 ±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 неопределённость расчета выброса от данной категории в соответствии с уровнем 1 МГЭИК составляет ±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.

5.10.4 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).

5.10.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

Выполнены пересчеты за период с 2017 – 2019 гг. выбросов при внесении мочевины в почвы в связи со скорректированными значения по производству мочевины за период с 2017 – 2019 годы.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.11 Неопределенность оценок выбросов

Расчет неопределенности инвентаризации в сельскохозяйственном секторе выполнялся по подходу 1 (МГЭИК, 2006). Результаты представлены в таблицах 5.27 и 5.28.

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 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 категориях данной главы.

Общая неопределенность инвентаризации в секторе сельского хозяйства рассчитана на основании уравнения 3.2 подхода 1 (МГЭИК, 2006) (см. табл. 5.28 и 5.29).

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
3A Внутренняя ферментация коровы и другое поголовье КРС	88924,92	1,82	1618,43
свиньи	1364,07	18,25	248,99
овцы, козы, верблюды, лошади, мулы, ослы, северные олени,буйволы	14810,22	40,3	5970,19
кролики, пушные звери	72,81	50,2	36,59
3B1 Системы сбора и хранения навоза и помета, выбросы CH_4			
коровы, другое поголовье КРС, свиньи	12334,88	20,6	2542,90
остальные животные и птица	1025,25	30,4	311,82
3B2 Системы сбора и хранения навоза и помета, прямые выбросы N_2O			
жидкие системы			
другое поголовье КРС	695,00	91,9	638,49
свиньи	1307,91	91,3	1193,87
нутрии	0,79	90,5	0,71
хранение в сухом виде			
другое поголовье КРС	1419,33	91,9	1303,92
коровы	3297,65	92,0	3033,89
птица	1135,83	80,0	908,23
свиньи	667,00	91,3	608,84
северные олени	37,33	91,8	34,26
остальные животные	1893,19	90,5	1714,25
3B2 Системы сбора и хранения навоза и помета, косвенные выбросы N_2O			
жидкие системы			
другое поголовье КРС	556,00	248,6	1382,44
свиньи	1255,59	250,2	3141,23
нутрии	0,39	248,5	0,98
хранение в сухом виде			
другое поголовье КРС	1277,39	248,6	3176,11
коровы	1978,59	250,9	4963,87
птица	908,67	249,5	2267,58
свиньи	600,30	250,2	3141,23
северные олени	8,96	253,6	22,72
остальные животные	455,07	253,1	1151,96
3C Рисоводство	855,73	69,01	590,58
3D1 Прямые выбросы N_2O от почв			
3D1.1 Минеральные удобрения	27136,89	81,4	22101,44
3D1.2 Органические удобрения	12711,82	136,8	17387,90
3D1.3 Навоз на пастбищах	6616,31	91,0	6020,17
3D1.4 Растительные остатки	15515,65	135,0	20945,14
3D1.5 Азот при минерализации почвенного орг. в-ва	0,00	0,00	0,00
3D1.6 Обработка органогенных почв	23346,60	41,4	9660,67
3D2 Косвенный выброс N_2O			
3D2.1 Атмосферные выпадения	5348,86	169,2	9051,78
3D2.2 Вымывание соединений азота	11763,50	60,0	7054,02
3G Известкование	10074,17	50,7	5111,09
3H Внесение мочевины	99,00	51,0	50,48
Всего	247492,00	16,82	41619,30

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
3A Внутренняя ферментация			
коровы и другое поголовье КРС	32127,77	1,81	580,22
свиньи	768,30	23,53	180,76
овцы, козы, верблюды, лошади, мулы, ослы, северные олени	6077,91	40,3	2450,08
кролики, пушные звери	54,78	50,2	26,59
3B1 Системы сбора и хранения навоза и помета, выбросы CH_4			
коровы, другое поголовье КРС, свиньи	5105,11	20,6	1052,45
остальные животные и птица	516,79	30,4	157,18
3B2 Системы сбора и хранения навоза и помета, прямые выбросы N_2O			
жидкие системы			
другое поголовье КРС	50,67	91,9	46,55
свиньи	984,77	92,3	909,32
нутрии	0,001	90,5	0,0009
хранение в сухом виде			
другое поголовье КРС	409,22	91,9	376,01
коровы	1569,43	92,0	1444,56
птица	931,78	80,0	745,06
свиньи	230,23	92,3	212,59
северные олени	28,10	91,8	25,79
остальные животные	716,85	90,5	648,61
3B2 Системы сбора и хранения навоза и помета, косвенные выбросы N_2O			
жидкие системы			
другое поголовье КРС	40,53	248,6	100,78
свиньи	945,38	250,4	2367,21
нутрии	0,000	248,5	0,001
хранение в сухом виде			
другое поголовье КРС	368,30	248,6	915,76
коровы	941,66	250,9	2362,55
буйволы	0,32	252,8	0,82
птица	745,42	249,5	1860,19
свиньи	207,21	253,4	525,17
северные олени	6,74	253,6	17,10
остальные животные	171,92	253,1	435,19
3D1 Прямые выбросы N_2O от почв			
3D1.1 Минеральные удобрения	12290,42	81,2	9981,43
3D1.2 Органические удобрения	5945,36	137,8	8192,09
3D1.3 Навоз на пастбищах	2483,57	83,8	2080,76
3D1.4 Растительные остатки	11551,93	134,9	15589,29
3D1.5 Азот при минерализации почвенного орг. в-ва	1886,16	141,2	2663,68
3D1.6 Обработка органогенных почв	19698,58	41,4	8151,14
3D2 Косвенный выброс N_2O			
3D2.1 Атмосферные выпадения	2385,90	173,3	4135,46
3D2.2 Вымывание соединений азота	6705,22	73,7	4943,82
3G Известкование	921,32	50,7	467,43
3H Внесение мочевины	193,28	50,99	98,56
Всего:	116643,86	20,70	24146,37

В таблицах 5.27 и 5.28 для величины суммарных выбросов от сельского хозяйства приведен 95% доверительный интервал, который составляет для 1990 г 41619,30 тыс. тонн CO_2-экв. или 16,82 % и для 2020 г. 24146,37 тыс. тонн CO_2-экв. или 20,70%. Таким образом, можно заключить, что неопределенность полученных оценок по инвентаризации выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве в 2020 году составляет 21 %.

Эта величина хорошо согласуется с оценкой общей неопределенности в секторе сельского хозяйства, приведенной в предыдущем кадастре, которая соответствовала 20 %.

5.12 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 ОФД и, при необходимости, выполняется пересчет величин выброса парниковых газов 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.

5.13 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре выполнены следующие перерасчеты выбросов парниковых газов от сельского хозяйства за период 1990 -2020 гг.:

1. Пересчитаны значения валовой энергии и скорректированы коэффициенты выбросов от внутренней ферментации и систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета для КРС (без коров) и коров.
2. 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;
   - пересчитаны зачения выбросов от риса за 2018 и 2019 годы.

В результате коррекции ошибок и усовершенствований методологий и коэффициентов в настоящем кадастре были пересчитаны выбросы от всех категорий источников в секторе, за исключением выброса метана от рисовых полей и выброса CO_2 при внесении мочевины в почвы.

Выполненные пересчеты привели к следующим изменениям оценок выбросов по сравнению с кадастром предыдущего года:

- выбросы CH_4 от внутренней ферментации в 2019 г. увеличились на 3,4 тыс. тонн CH_4 – на 0,2 %;
- выбросы CH_4 от возделывания риса в 2019 году увеличились на 0,19 тыс. тонн – на 0,8 %;
- в целом выбросы в секторе сельского хозяйства в 2019 г. увеличились на 0,13%, в 1990 г. увеличились на 0,2 тыс. тонн CO_2 экв.

В ответ на рекомендации группы экспертов по углубленной проверке Национального кадастра выбросов парниковых газов Российской Федерации 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 5.3.2;
- 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 5.3.2 табл.5.6 и приложение 3.1. табл.П.3.1.6 – 3.1.9.
- скорректированы значения коэффициента преобразования метана (Ym) в таблицах ОФД для всех лет временного ряда
- добавлена инфомация по способам хранения жидких фракций навоза – см. раздел 5.4.2.
- внесены добавления в текст и комментарии в таблицы ОФД об использовании обозначения «NE» при оценке косвенных выбросов от вымывания азота от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета см. раздел 5.2.2.2

В соответствии с планом усовершенствований Российского национального кадастра парниковых газов, 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, в частности молочного скота.

Таблица 5.30

Ответы на рекомендации группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра в 2020 году по сектору Сельское хозяйстов

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
A2	Сельское хозяйство (сектор в целом) – CH_4 и N_2O	Группа экспертов по проверки просит включить в НДК описание методологии сбора статистики по количеству кормовых единиц, потребляемых животными для предприятий, частных ферм, домашних хозяйств и во время выпаса скота.	В текст добавлена информация по методике сбора статистики по количеству кормовых единиц для сельскохозяйственных организаций, хозяйств населений, крестьянских (фермерских) хозяйств см. раздел 5.3.2. В списке литературы приведены ссылки на соответствующие Методические указания.
A4	3.A Внутрення ферментация, 3.B Система сбора и хранения навоза, 3.D Прямая и косвенная эмиссия N2O от сельскохозяйсвенных земель – CH4 и N2O	Группа экспертов по проверки 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. Оценка текущих норм кормления включена в план по усовершенствованию.

Продолжение таблицы 5.30

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
A5	3.A.1 Коровы – 3.B.1 Коровы – 3.D.a Прямые выбросы N2O от сельскохозяйственных земель - CH4 и N2O	Группа экспертов по проверки просит провести проверку и привести пояснение по оценке валовой энергии (GE) по статистике кормовых единиц. Если учитываемые количества потребления корма необоснованно, внимательно изучить причину ошибки и внести необходимые корректировки во всех категориях, пересмотреть соответствующие оценки и привести описание в НДК проведенные новые оценки.	Проверка проведена, произведен пересчет значений валовой энергии (GE) для всех лет периода 1990–2020 гг. с использованием Уровня 2 Руководящих принципов МГЭИК, 2006. См. раздел 5.3.2.
A6	3.A.1 Коровы – 3.B.1 Коровы – 3.D.a Прямые выбросы N2O от сельскохозяйственных земель - CH4 и N2O	Группа экспертов по проверки просит проверить точность исходных данных и, при необходимости, пересчитать соответствующие оценки выбросов CH4 и N2O для немолочного скота. Или включить в НДК четки объяснения снижения значений GE, VS и Nex между 2015 и 2016 годами.	Проведены пересчеты значений GE, VS и Nex и оценка выбросов для всех лет периода 1990–2020 гг. с использованием Уровня 2 Руководящих принципов МГЭИК, 2006.
A8	3.A.1 Коровы – CH4	Группа экспертов по проверки просит исправить ошибки в уровнях потребления корма и коэффициента эмиссии метана от внутренней ферментации КРС в Брянской области. Выяснить причину ошибки, убедиться может ли данная ошибка повлиять на другие регионы Российской Федерации.	Проведены пересчеты значений коэффициента эмисии метана от внутренней ферментации КРС см. Приложение 3.1. таблица 3.1.9.
A11	3.B Система сбора и хранения навоза - CH4	Группа экспертов по проверки 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 см. раздел 5.4.2.
A13	3.A.1 Коровы – CH4	Группа экспертов по проверки рекомендует исправить значения Ym для КРС в категории 3.A.1 в таблице 3.A ОФД и в НДК за все годы временного ряда.	Значение Ym скорректировано см. раздел 5.3.2. НДК, 2021.
A14	3.A.1 Коровы – 3.B.1 Коровы – 3.D.a Прямые выбросы N2O от сельскохозяйственных земель - CH4 и N2O	Группа экспертов по проверки рекомендует представить в НДК анализ размерностей данные в уравнении 5.1., для оценки валовой энергии (GE) для подтверждения связи между различными физическими величинами в уравнении и единицы измерения, и показать, как эти единицы измерения отслеживаются при выполнении расчетов. Представить в НДК четкую информацию показывающую согласованность методов оценки выбросов CH4 от молочного и немолочного скота с использованием методики Уровня 2 Руководящих принципов МГЭИК, 2006 с использованием составляющих полезной энергии (т.4,гл.10.2.2.,ур.10.16, п.10.21), анализ взаимосвязи между GE и кормовыми единицами, используемыми в национальном методе.	Проведены пересчеты значений GE и коэффициента эмиссии метана от внутренней ферментации см. Приложени 3.1. таблица П.3.1.6 – П.3.1.9.

Продолжение таблицы 5.30

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
		Также Группа экспертов по проверки рекомендует представить в НДК анализ взаимосвязи между GE, коэффициентом эмиссии метана и надоями молока для наиболее значимых регионов, как минимум для Москвы и Ленинградской области.	
A15	3.B.5 Косвенные выбросы N2O	Группа экспертов по проверки рекомендует включить информацию об использовании условного обозначения «NE» для косвенных выбросов N2O в результате выщелачивания и выноса N в категории 3.B.5 косвенные выбросы N2O в НДК и таблицы 9 ОФД.	Необходимая информация была добавлена в НДК см. раздел 5.5.2.2. и таблицу 9 ОФД.

6. ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ, ИЗМЕНЕНИЯ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО (СЕКТОР 4 ОФД)

6.1 Обзор по сектору

В разделе 6 приведены исходные данные и результаты расчетов выбросов и поглощения парниковых газов 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/CP.19), инвентаризация парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ должна выполняться на основе Руководящих принципов национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК (МГЭИК, 2006). В целях обеспечения прозрачности, сопоставимости и полноты охвата известных источников и поглотителей, Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов 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 парниковых газов. Эти резервуары, включающие биомассу (надземный и подземный пулы), мертвое органическое вещество и почвы, должны учитываться в ежегодных национальных кадастрах парниковых газов стран, включенных в Приложение I к РКИК ООН (МГЭИК, 2006).

Суммарный выброс парниковых газов при землепользовании, изменении в землепользовании и в лесном хозяйстве приведен на рисунке 6.1. Динамика выбросов в секторе ЗИЗЛХ в значительной степени определяется лесозаготовками и лесными пожарами (рис. 6.1). Сокращение выбросов во многом определяется уменьшением объема лесозаготовок в конце 1990-х и в 2000-х годах по сравнению с 1990 годом. Динамика выбросов диоксида углерода 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 органических почв и торфоразработки.

Выбросы CH_4 и N_2O обусловлены преимущественно лесными пожарами. Детализированные оценки выбросов и поглощения парниковых газов представлены в соответствующих таблицах ОФД, сектор 4.

Управляемые леса, земли, переведенные из пахотных в кормовые угодья (сенокосы и пастбища), а также лесные культуры, созданные на пахотных угодьях, являются стоком CO_2.

На рисунке 6.1 приведено сопоставление вклада различных категорий землепользования в баланс парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ. Рис. 6.2 содержит сопоставление вкладов различных парниковых газов. Результаты расчетов поглощения CO_2 и выбросов парниковых газов по источникам в секторе ЗИЗЛХ приведены на рисунке 6.3 и в таблице 6.1.

В настоящем кадастре величины выброса N_2O 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 источникам

Подкатегории и газы	Выбросы (+) / поглощение (-) по категориям, тыс. т CO_2-экв. год$^{-1}$														
	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
4.A. Лесные земли															
4.A.1. Постоянные лесные земли															
CO_2	-226663,9	-359754,9	-591742,3	-608556,1	-756959,9	-724036,3	-734375,1	-708402,6	-701868,8	-694408,6	-681721,6	-669719,3	-658491,6	-645402,3	-634350,9
CH_4	11960,3	10039,8	11892,2	14620,4	15289,8	15371,9	15239,2	13657,2	15301,7	15266,0	16259,0	16350,7	22133,3	17405,1	14810,0
N_2O	7878,3	6594,2	7795,2	9638,2	9959,3	10128,3	10041,6	9004,5	10084,2	10057,3	10686,7	10741,7	14512,9	11424,1	9754,9
Все газы	-206825,2	-343120,9	-572054,9	-584297,4	-731710,8	-698536,1	-709094,3	-685740,9	-676482,8	-669085,2	-654776,0	-642626,9	-621845,4	-616573,2	-609786,0
4.A.2. Земли, переведенные в лесные															
CO_2	-21742,1	-24932,6	-24876,1	-22806,9	-20149,6	-19121,3	-18515,8	-18047,0	-17512,2	-16995,6	-16526,7	-16025,0	-15565,6	-15078,8	-14519,2
CH_4	7,0	8,1	8,2	7,6	6,9	6,6	6,4	6,3	6,1	6,0	5,8	5,6	5,5	5,1	5,1
N_2O	4,6	5,3	5,4	5,0	4,5	4,3	4,3	4,2	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	3,3	3,4
Все газы	-21730,5	-24919,1	-24862,4	-22794,3	-20138,1	-19110,4	-18505,1	-18036,5	-17502,0	-16985,7	-16517,0	-16015,6	-15556,5	-15070,3	-14510,6
4(II). Осушение лесных земель															
CH_4	574,2	574,2	538,6	485,2	478,4	478,4	478,4	478,4	478,4	478,4	478,4	478,4	478,4	478,4	478,4
N_2O	1874,3	1874,3	1758,1	1583,8	1561,7	1561,7	1561,7	1561,7	1561,7	1561,7	1561,7	1561,7	1561,7	1561,7	1561,7
4.A. Итого по лесным землям															
CO_2	-248405,9	-384687,5	-616618,4	-631363,0	-777109,5	-743157,6	-752890,9	-726449,6	-719381,0	-711404,2	-698248,3	-685744,3	-674057,2	-660481,1	-648870,0
CH_4	12541,5	10622,1	12439,0	15113,2	15775,1	15856,9	15724,1	14141,9	15786,3	15750,4	16743,2	16834,7	22617,1	17888,5	15293,5
N_2O	9757,2	8473,8	9558,7	11227,0	11525,5	11694,3	11607,5	10570,3	11649,9	11622,9	12252,2	12307,1	16078,2	12989,1	11320,0
Все газы	**-226107,2**	**-365591,6**	**-594620,7**	**-605022,7**	**-749808,9**	**-715606,4**	**-725559,3**	**-701737,4**	**-691944,8**	**-684030,9**	**-669252,9**	**-656602,5**	**-635361,9**	**-629603,4**	**-622256,5**
4.B. Возделываемые земли															
4.B.1. Постоянные возделываемые земли															
CO_2	76953,1	66677,6	62991,1	59491,4	54400,7	50971,0	51845,2	52713,0	50014,6	51775,7	51178,2	50353,5	50399,3	50232,7	50437,2
4.B.2. Земли, переведенные в возделываемые земли															
CO_2	0	0	0	0	0	27580,2	4850,1	14109,0	6478,3	14562,5	35380,7	28655,2	15532,6	15532,6	15532,6
4(II). Осушение органогенных почв															
CH_4	5485,9	5007,0	4286,4	3783,4	3682,6	3659,7	3651,3	3643,0	3644,4	3651,5	3651,0	3662,5	3668,3	3658,1	3642,8
4.B. Итого по возделываемым землям															
CO_2	76953,1	66677,6	62991,1	59491,4	54400,7	78551,2	56695,3	66822,0	56492,9	66338,1	86558,9	79008,6	65931,9	65765,3	65969,8
CH_4	5485,9	5007,0	4286,4	3783,4	3682,6	3659,7	3651,3	3643,0	3644,4	3651,5	3651,0	3662,5	3668,3	3658,1	3642,8
Все газы	**82439,0**	**71684,6**	**67277,4**	**63274,8**	**58083,2**	**82210,9**	**60346,6**	**70464,9**	**60137,3**	**69989,7**	**90209,8**	**82671,1**	**69600,2**	**69423,4**	**69612,6**
4.C. Сенокосы и пастбища															
4.C.1. Постоянные сенокосы и пастбища															
CO_2	51305,0	47392,6	43480,3	39567,9	37793,1	37665,1	37671,5	37603,2	37547,7	37517,9	37475,2	37543,5	37545,6	37618,2	37426,1
CH_4	174,6	59,1	367,5	172,8	257,3	227,3	176,5	107,8	277,9	218,7	182,9	960,8	1480,0	1448,8	816,7
N_2O	190,0	64,3	400,0	188,1	280,1	247,3	192,0	117,4	302,4	238,1	199,1	1045,7	1610,8	1576,8	888,8
4.C.2. Земли, переведенные в сенокосы и пастбища															
CO_2	-1227,7	-56688,3	-67681,2	-101067,9	-86743,3	-97901,6	-96315,1	-79215,2	-118522,5	-82973,4	-95455,9	-92208,6	-86301,9	-67859,1	-72852,9

Продолжение таблицы 6.1

Подкатегории и газы	Выбросы (+) / поглощение (-) по категориям, тыс. т CO_2-экв. год$^{-1}$														
	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
4(II). Осушение органогенных почв															
CH_4	2622,3	2422,4	2222,4	2022,4	1931,7	1925,2	1925,5	1922,0	1919,2	1917,6	1915,5	1919,0	1919,1	1922,8	1913,0
4.C. Итого по сенокосам и пастбищам															
CO_2	50077,3	-9295,7	-24201,0	-61499,9	-48950,2	-60236,5	-58643,6	-41612,0	-80974,8	-45455,6	-57980,7	-54665,2	-48756,3	-30240,9	-35426,8
CH_4	2796,9	2481,4	2589,9	2195,3	2189,1	2152,4	2102,0	2029,9	2197,1	2136,4	2098,4	2879,8	3399,1	3371,6	2729,6
N_2O	190,0	64,3	400,0	188,1	280,1	247,3	192,0	117,4	302,4	238,1	199,1	1045,7	1610,8	1576,8	888,8
Все газы	**53064,2**	**-6750,0**	**-21211,0**	**-59116,5**	**-46481,1**	**-57836,7**	**-56349,6**	**-39464,8**	**-78475,2**	**-43081,1**	**-55683,3**	**-50739,6**	**-43746,5**	**-25292,6**	**-31808,3**
4.D. Водно-болотные угодья															
4.D.1. Постоянные водно-болотные угодья															
CO_2	3389,7	3314,8	2794,8	2388,7	2341,5	2341,5	2341,5	2341,5	2341,5	2341,5	2341,5	2341,5	2195,5	2195,5	2003,7
4.D.2. Земли, переведенные в водно-болотные угодья															
CO_2	16,4	4,1	0,2	35,7	0,0	0,1	0,0	2,0	485,3	0,1	0,2	0,1	0	0	0
4(II). Осушение и обводнение торфяников															
CO_2	3,1	14,2	21,7	27,1	31,8	32,9	34,0	34,7	35,4	37,3	37,9	38,4	71,3	73,2	82,1
CH_4	260,7	255,9	216,7	186,0	184,8	184,9	187,4	217,2	386,8	387,0	390,4	394,9	462,5	463,2	476,7
N_2O	45,4	47,8	43,4	39,7	40,5	40,8	41,2	41,4	41,6	42,2	42,4	42,5	40,7	41,3	36,0
4.D. Итого по водно-болотным угодьям															
CO_2	3409,3	3333,0	2816,7	2451,5	2373,4	2374,5	2375,5	2378,2	2862,3	2378,9	2379,6	2380,0	2266,8	2268,8	2085,9
CH_4	260,7	255,9	216,7	186,0	184,8	184,9	187,4	217,2	386,8	387,0	390,4	394,9	462,5	463,2	476,7
N_2O	45,4	47,8	43,4	39,7	40,5	40,8	41,2	41,4	41,6	42,2	42,4	42,5	40,7	41,3	36,0
Все газы	**3715,4**	**3636,8**	**3076,7**	**2677,2**	**2598,7**	**2600,2**	**2604,1**	**2636,8**	**3290,7**	**2808,1**	**2812,3**	**2817,5**	**2770,0**	**2773,3**	**2598,6**
4.E. Поселения															
4.E.2. Земли, переведенные в поселения															
CO_2	18371,4	26819,8	23985,8	21200,1	-1469,8	7780,2	14169,7	14484,4	4596,5	46140,0	8564,9	8333,9	8865,8	12482,3	2204,8
N_2O	517,4	2689,7	2590,7	2483,7	120,8	302,3	640,2	792,8	112,8	2545,9	410,3	415,7	501,3	618,2	254,4
Все газы	**18888,9**	**29509,5**	**26576,5**	**23683,8**	**-1349,0**	**8082,5**	**14809,9**	**15277,1**	**4709,3**	**48685,8**	**8975,3**	**8749,7**	**9367,0**	**13100,5**	**2459,1**
4.F. Прочие земли															
4.F.2. Земли, переведенные в прочие земли															
CO_2	0,0	20459,9	20459,9	20459,9	269,3	0,0	329,2	4096,3	23255,9	11,9	490,9	627,5	1832,2	77,5	0,0
N_2O	0,0	2381,9	2381,9	2381,9	16,0	16,0	35,6	279,5	1661,1	1662,0	1690,9	1725,7	1868,9	1733,2	864,4
Все газы	**0,0**	**22841,8**	**22841,8**	**22841,8**	**285,3**	**16,0**	**364,8**	**4375,8**	**24917,0**	**1673,8**	**2181,8**	**2353,2**	**3701,2**	**1810,7**	**864,4**
4.G. Заготовленные лесоматериалы															
CO_2	-5686,7	36745,0	29956,1	24526,0	16253,7	17066,0	17796,2	16700,3	9252,5	13483,9	11700,1	7210,8	9065,3	8645,3	9242,3
Непрямые выбросы от управляемых земель															
N_2O	116,4	1141,1	1118,8	1094,8	27,2	68,0	123,5	152,8	25,4	484,3	81,4	84,4	98,3	139,1	50,4
Итого по сектору «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ)															
Все газы	**-73570,0**	**-206782,7**	**-464984,2**	**-526040,9**	**-720390,8**	**-663399,4**	**-685863,8**	**-631594,5**	**-668087,7**	**-589986,4**	**-608975,5**	**-603455,4**	**-584506,3**	**-559003,7**	**-569237,3**

Примечание: Итоговые значения могут незначительно отличаться от суммы представленных в таблицах величин в результате округления.

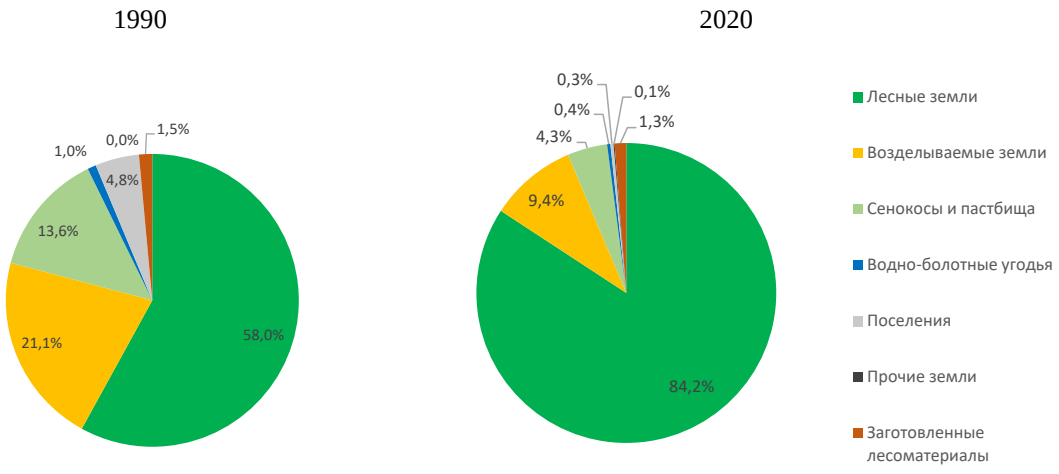

Рисунок 6.1 – Вклад различных категорий землепользования в баланс парниковых газов в секторе «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство»

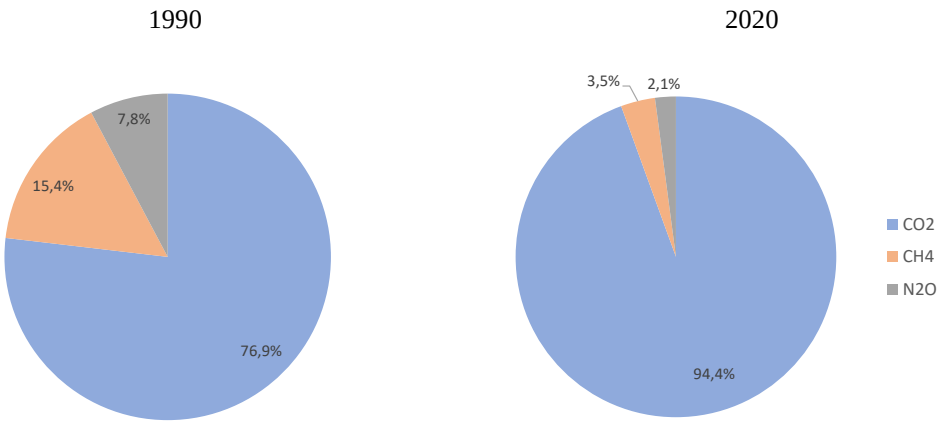

Рисунок 6.2 – Вклад различных парниковых газов в баланс парниковых газов в секторе «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство» в 1990 и 2020 гг.

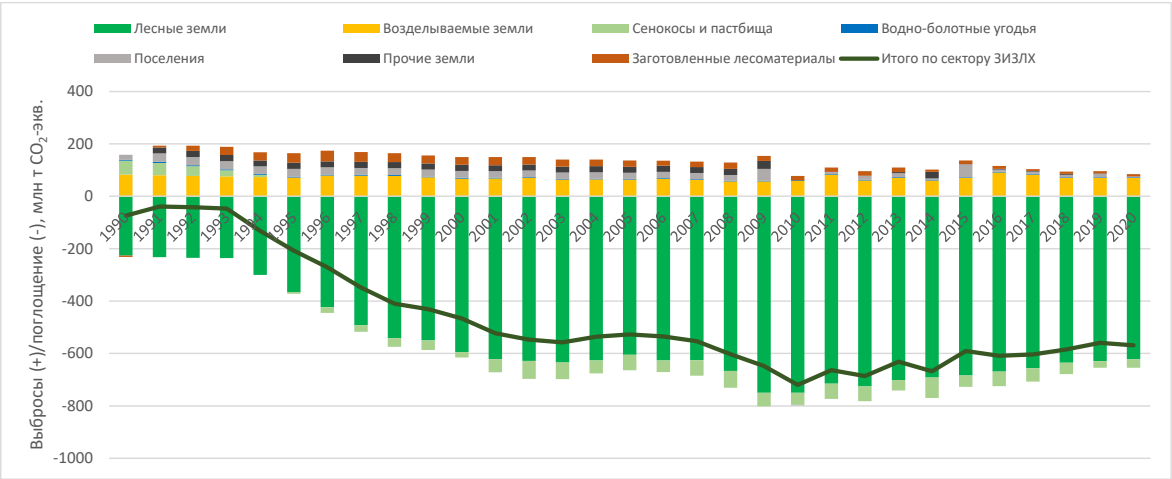

Рисунок 6.3 – Баланс парниковых газов в секторе «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство»

6.2 Определение категорий землепользования и разработка матрицы земель

Все земли, находящиеся в пределах Российской Федерации, 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 Российской Федерации законодательство предусматривает 7 категорий земель:

- земли сельскохозяйственного назначения;
- земли населенных пунктов;
- земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидния, 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 Российской Федерации, которые входят в Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в России по ежегодным данным Росреестра.

Согласно сведениям Государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель в России в 2020 году в состав Российской Федерации входят 85 субъектов. Площадь земельного фонда Российской Федерации на 1 января 2021 года составила 1 712 571,5 тыс. га без учета внутренних морских вод и территориального моря.

В соответствии с действующим законодательством с 1999 года были внесены изменения в формирование площадей *категорий* земель и *угодий*, а также представление данных о них в формах статистической отчетности. Так до 1999 года 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 года данные представляются только по площадям сельскохозяйственного назначения. Начиная с 1999 года 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 отработанных, рекультивированных или несоответствующих действующему законодательству земель. Кроме того, ведется последовательное приведение правового состояния земель в соответствие с действующим законодательством Российской Федерации. 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 Российской Федерации 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 Российской Федерации (2006), в соответствии с которым крупные водные объекты были выведены из состава земель хозяйствующих субъектов. До 1999 года 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 Российской Федерации (1997), а не фактическими изменениями в характере землепользования.

Однако *категории* земель, установленные в пределах Российской Федерации, не имеют полного соответствия с категориями МГЭИК. Каждая *категория* земель Российской Федерации 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, 2010-2021). Указанные типы *угодий* полностью соотвествуют категориям МГЭИК. Так лесные земли, входящие в лесной фонд и земли под древесно-кустарниковой растительностью, не входящей в лесной фонд, полностью соответствуют категории «4.A Лесные земли» МГЭИК, пахотные угодья и многолетние насаждения, входящие в состав сельскохозяйственных угодий – категории «4.B Возделываемые земли»; кормовые угодья и залежи – категории «4.C Сенокосы и пастбища», земли под водой и под болотами – категории «4.D Водно-болотные угодья», земли под дорогами и под застройкой – категории «4.E Поселения», нарушенные земли и прочие земли – категории «4.F Прочие земли». Сопоставление земельных категорий МГЭИК и типов *угодий* Российской Федерации 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.

Продолжение таблицы 6.2

Категории земель МГЭИК	Типы земельных угодий РФ
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 площади. Она включает водохранилища в качестве управляемых объектов и естественные реки, и озера в качестве неуправляемых объектов.	Земли под водой и болотами, в том числе под реками, ручьями, озерами, водохранилищами, прудами, искусственными водоемами, осушительными и оросительными каналами и др., заболоченные земли.
Поселения	
Эта категория включает все обустроенные земли, включая транспортную инфраструктуру и поселения людей любого размера, если только они уже не включены в другие категории. Она должна соответствовать выбору национальных определений.	Земли застройки – в эти угодья включены площади под зданиями и сооружениями, а также земельные участки, необходимые для их эксплуатации и обслуживания. 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.
Прочие земли	
Эта категория включает лишенную растительности 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.	Прочие земли – в состав включены скальные покрытия, пески, овраги и прочие земли, а также участки тундры. Нарушенные земли – земли, утратившие свою хозяйственную ценность в связи с нарушением почвенного покрова, гидрологического режима и образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека.

6.3 Информация о подходах и исходных данных, используемых для согласованного представления земель и разработки матрицы преобразований в землепользовании

Динамика площадей угодий и общая площадь земельного фонда Российской Федерации за период с 1990 по 2020 гг. приведена в таблице 6.3. В соответствии с требованиями отчетности для Сторон Приложения I РКИК и на основании рекомендаций групп экспертов по углубленной проверке Национальных кадастров Российской Федерации, поданных в 2009 и 2010 годах, для формирования отчетности по выбросам парниковых газов 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 – 2020 годы составлены ежегодные матрицы перевода земель, на основе детализированных данных Росреестра (Росрестр, 2011b, 2012b, 2013b; Росреестр, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021).

Таблица 6.3

Площади угодий в Российской Федерации в соответствии с категориями МГЭИК[1)]

Типы угодий	Динамика площадей по годам, тыс. га[2)]															Изменения	
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020 г. к 2019 г.	2020 г. к 1990 г.
5.A Лесные земли (ЛЗ)	778538	818092	857646	897200	897335	897500	898136	898128	898394	897013	897015	897017	897014	897010	897017	7	118480
5.A.1 Лесные земли, остающиеся ЛЗ	776732	776537	776397	776269	776142	776123	776104	776091	776243	774838	774827	774817	774850	774815	774810	-5	-1922
- управляемые	610068	619952	620182	625923	689146	684812	684800	684910	685296	686113	687355	687518	689527	689516	689563	47	79495
- неуправляемые	170177	199848	239065	272673	209423	213890	214506	214355	214483	211973	210701	210495	208476	208439	208307	-132	38129
5.A.2 Земли, переустроенные в ЛЗ	1805	41555	81248	120931	121193	121376	122032	122036	122152	122175	122188	122200	122164	122195	122207	12	120402
5.B Пахотные земли	132545	120503	104305	92435	85702	86504	86166	86432	86814	87047	87849	88313	88304	88301	88291	-10	-44254
5.C Луговые угодья (ЛУ)	89106	98543	112316	121783	127031	126270	126638	126350	127808	127492	126772	126403	126483	126543	126626	83	37520
5.C.1 Луговые угодья, остающиеся ЛУ	87937	87099	86257	85417	87748	86994	87620	87979	88197	87526	86355	86507	88003	88155	86285	-1871	-1652
- управляемые (сенокосы и пастбища)	80139	80137	80135	80135	82470	81416	82074	82476	82816	82288	81136	81303	82825	82977	81107	-1871	968
- неуправляемые	7798	6961	6122	5282	5279	5578	5546	5503	5381	5237	5219	5204	5178	5178	5178	0	-2620
5.C.2 Земли, переведенные в ЛУ	1169	11445	26058	36366	39282	38107	36627	34098	32785	30685	28972	26635	22769	18706	16536	-2170	15367
5.D Водно-болотные угодья	179295	190739	202189	213664	225054	225069	225067	225041	225242	226828	226825	226821	226821	226820	226821	1	47526
5.D.1 Водно-болотные угодья (ВБУ), остающиеся ВБУ	179291	179283	179235	179197	179194	179194	179192	179164	179226	179226	179223	179219	179219	179218	179219	0	-72
- торфоразработки	317	310	261	223	208	205	201	198	194	190	187	183	180	176	173	-4	-144
- неуправляемые ВБУ	178978	190429	201928	213441	224846	224864	224866	224843	225048	226638	226638	226637	226641	226644	226648	5	47670
5.D.2 Земли, переведенные в ВБУ	4	11456	22954	34468	45860	45875	45875	45876	46016	47602	47602	47602	47602	47602	47602	1	47598

Продолжение таблицы 6.3.

Типы угодий	Динамика площадей по годам, тыс. га[2)]															Изменения	
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	**2020 г. к 2019 г.**	**2020 г. к 1990 г.**
5.E Поселения (П)	9153	10335	11456	12538	13687	13706	13758	13813	13954	14130	14159	14184	14216	14250	14256	5	5103
5.E.1 Поселения, остающиеся П	9097	9097	9097	9097	9097	9097	9097	9097	9223	9223	9223	9223	9223	9223	9223	0	126
5.E.2 Земли, переустроенные в П	56	1238	2359	3441	4590	4609	4661	4716	4731	4907	4936	4961	4994	5028	5033	5	4977
5.F Прочие земли (ПЗ)	521188	471612	421913	372203	361016	360776	360059	360062	360306	360010	359900	359782	359682	359595	359508	-86	-161680
5.F.1 Прочие земли, остающиеся ПЗ	521188	471155	420999	370832	359249	359009	358289	358265	358353	358058	357944	357822	357719	357631	357545	-86	-163643
5.F.2 Земли, переведенные в ПЗ	0	457	914	1371	1768	1768	1770	1797	1953	1953	1956	1960	1963	1964	1963	0	1963
Всего земель[5)]	1709824	1709824	1709824	1709824	1709825	1709825	1709825	1709825	1712519	1712519	1712519	1712519	1712519	1712519	1712519	0	2695

[1)] на основе данных Росреестра на конец года.
[2)] данные за 1991-1994, 1996-1999, 2001-2004, 2006-2008 годы представлены в предыдущих НДК парниковых газов.
[3)] суммарная площадь земель, переведенных в управляемые и неуправляемые луговые угодья.
[4)] торфоразработки
[5)] итоговые значения могут незначительно отличаться от суммы представленных в таблицах величин в связи с округлением значений.

При составлении матриц преобразований в землепользовании учитывалось, что:

- по данным Росреестра (Роснедвижимость, 2004-2009; Росреестр, 2010-2021) 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).

Учитывая вышеизложенную информацию, при составлении матрицы земель Российской Федерации за период 1990-2009 гг. мы приняли 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 – 2020 годы составлены на основе детализированных данных Росреестра (Росреестр, 2011b, 2012b, 2013b; Росреестр, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021). Сводные данные по конверсии земель за 1990-2019 гг. включительно приведены в таблице 6.4. В таблице 6.5 приведены нетто-изменения площадей земель в России по категориям землепользования.

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 ОФД, проверены на соответствие общей площади страны. Площади постоянных угодий категорий водно-болотных угодий, земель поселений и других земель в ОФД для 1990-2009 гг. определены как разница между их общей ежегодной площадью и значениями площадей переведенных угодий.

Таблица 6.4

Перевод площадей земель по категориям МГЭИК в Российской Федерации за период с 01.01.1990 по 01.01.2020, тыс. га

Типы угодий	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Управляемые лесные земли[1)] – начальная площадь	610019	619846	620161	624841	687543	689146	684812	684800	685189	685296	686113	687355	687518	689527	689516
– конечная площадь	610068	619952	620182	625923	689146	684812	684800	684910	685296	686113	687355	687518	689527	689516	689563
Неуправляемые лесные земли – начальная площадь	168481	190334	229574	264448	209791	208189	212688	213336	213218	213098	210900	209660	209499	207489	207497
– конечная площадь	168469	198139	237464	271277	208189	212688	213336	213218	213098	210900	209660	209499	207489	207497	207457
Пахотные земли – начальная площадь	133805	122993	106882	95028	87645	85702	86504	86166	87812	86814	87047	87849	88313	88304	88301
– конечная площадь	132545	120503	104305	92435	85702	86504	86166	86432	86814	87047	87849	88313	88304	88301	88291
Управляемые луговые угодья[2)] –начальная площадь	80139	88213	101229	109995	114335	116272	115464	115799	115968	116950	116713	115908	115442	115442	115442
– конечная площадь	81307	90075	103181	111983	116272	115464	115799	115528	116950	116713	115908	115442	115442	115442	115442
Неуправляемые луговые угодья – начальная площадь	7798	8335	9001	9667	10751	10759	10806	10839	10821	10859	10779	10864	10961	11041	11101
– конечная площадь	7800	8469	9135	9800	10759	10806	10839	10821	10859	10779	10864	10961	11041	11101	11184
Управляемые водно-болотные угодья – начальная площадь	317	311	271	228	212	208	205	201	198	194	190	187	183	180	176
– конечная площадь	317	310	261	223	208	205	201	198	194	190	187	183	180	176	173
Неуправляемые водно-болотные угодья – начальная площадь	178976	188139	199629	211138	224844	224846	224864	224866	225060	225048	226638	226638	226637	226641	226644
– конечная площадь	178978	190429	201928	213441	224846	224864	224866	224843	225048	226638	226638	226637	226641	226644	226648
Земли поселений[3)] – начальная площадь	9097	10102	11235	12323	13644	13687	13706	13758	13939	13954	14130	14159	14184	14216	14250
– конечная площадь	9153	10335	11456	12538	13687	13706	13758	13813	13954	14130	14159	14184	14216	14250	14256
Прочие земли – начальная площадь	521192	481550	431842	382155	361060	361016	360776	360059	360315	360306	360010	359900	359782	359679	359592
– конечная площадь	521188	471612	421913	372203	361016	360776	360059	360062	360306	360010	359900	359782	359679	359592	359506

[1)] Площади облесения включены в общую площадь управляемых лесных земель.
[2)] Включая земли, переведенные из пахотных угодий (кроме 1990 г.).
[3)] Включая земли под дорогами, инфраструктурой и т.д.

Таблица 6.5

Нетто изменения площадей земель по категориям МГЭИК в Российской Федерации за период с 01.01.1990 по 01.01.2021, тыс. га

Типы угодий	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Управляемые лесные земли[1)]	50	106	22	1082	1603	-4334	-12	110	107	817	1242	163	2010	-11	47
Неуправляемые лесные земли	-12	7805	7889	6829	-1602	4499	648	-118	-120	-2199	-1240	-161	-2010	8	-40
Пахотные земли	-1261	-2490	-2577	-2593	-1944	802	-337	266	-997	232	802	464	-9	-3	-10
Управляемые луговые угодья[2)]	1167	1862	1952	1988	1937	-808	335	-271	982	-237	-805	-466	0	0	0
Неуправляемые луговые угодья	2	133	133	133	8	47	33	-18	38	-80	85	97	80	60	83
Управляемые водно-болотные угодья	0	-1	-10	-5	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
Неуправляемые водно-болотные угодья	3	2291	2298	2303	2	19	1	-23	-12	1590	1	-1	3	3	4
Земли поселений[3)]	56	233	221	215	43	18	53	55	16	175	29	25	32	34	5
Прочие земли	-4	-9938	-9929	-9952	-44	-240	-717	3	-9	-296	-111	-118	-102	-87	-86

[1)] *Площади облесения включены в общую площадь управляемых лесных земель.*
[2)] *Включая земли, переведенные из пахотных угодий (кроме 1990 г.).*
[3)] *Включая земли под дорогами, инфраструктурой и т.д.*

Матрица угодий за 2020 год составлена на основе статистических данных, полученных из отчетных материалов Росреестра (Росреестр, 2021), 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 6.4.1.2 и 6.4.3.2).

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 них при условии антропогенного характера изменений.

6.4 Характеристика выбросов по подкатегориям

6.4.1 Лесные земли (раздел 4.А ОФД)

6.4.1.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями

6.4.1.1.1– Характеристика подкатегории

Методология МГЭИК выделяет «управляемые земли» как территорию, где осуществляются систематическая антропогенная деятельность или вмешательства для выполнения соответствующих социальных, экономических и экологических задач (МГЭИК, 2003). На территории лесного фонда России можно выделить управляемые леса, в которых осуществляются 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.
- Эффективно действующая охрана и защита лесов, обеспечивающая стабилизацию и снижение потерь от пожаров и других повреждений насаждений.
- Организованная хозяйственная деятельность в лесах на основе долгосрочного планирования и учета их экономического назначения и экологических функций.
- В Российской Федерации управление лесным хозяйством определяется как система антропогенной (хозяйственной) деятельности по рациональному управлению и пользованию 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 уходы 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, а также городские леса. Лесные земли обороны и безопасности и лесные земли ООПТ входили в состав земель лесного фонда до 1993 г. и до 2008 г. соответственно. Отнесение резервных лесов к управляемым возможно по результатам выполнения климатических проектов на территории резервных лесов. 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»”.

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 6.4. По данным Росреестра по состоянию на 01.01.2021 г. лесные земли Российской Федерации охватывали 897,0 млн. га, а лесные земли, входящие в лесной фонд по данным Рослесхоза составили 863,4 млн. га или 96,3% лесных земель страны. Управляемые лесные земли России (с учетом лесов ООПТ, земель обороны и безопасности, городских лесов) в настоящее время занимают 691,2 млн. га или 77,1% лесных земель Российской Федерации. 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 6.5. К управляемым относятся большая часть лесов Приволжского, Северо-Западного, Северо-Кавказского, Уральского, Центрального, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов (Коровин и др., 2006; Гитарский и др., 2006; Российская Федерация, 2010). Наименьшая доля управляемых лесов от всех покрытых лесом земель отмечена в Белгородской, Воронежской, Оренбургской, Орловской, Ростовской и Тульской областях; Республиках Калмыкия, Дагестан, Саха (Якутия), Тыва и Бурятия; Камчатском, Красноярском, Ставропольском и Хабаровском краях; Ненецком и Чукотском автономных округах.

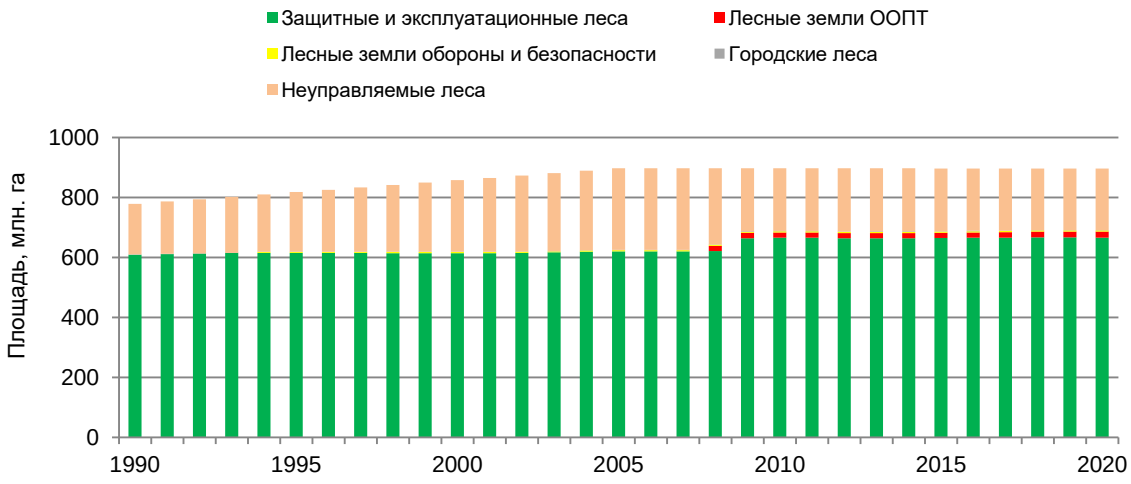

Рисунок – 6.4 Динамика площади лесных земель Российской Федерации. Защитные и эксплуатационные леса, леса ООПТ, леса на землях обороны и безопасности входят в состав управляемых лесов

В Государственный лесной реестр России 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 сообщества с преобладанием, как деревьев, так и кустарников.

Основные лесообразующие породы, включенные в расчет – сосна, ель, пихта, лиственница и сосна кедровая для хвойных; высокоствольный и низкоствольный дубы, береза каменная и прочие для твердолиственных; береза, осина и другие для мягколиственных.

А

Б

Рисунок – 6.5 Схема расположения управляемых лесных земель на территории Российской Федерации: А – доля управляемых лесных земель от общей площади лесных земель, %; Б – доля управляемых лесных земель от площади субъекта Российской Федерации, %. В состав управляемых лесных земель включены земли лесного фонда (за исключением резервных лесов), земли особо охраняемых природных территорий, земли обороны и безопасности и земли населенных пунктов. Общая площадь лесных земель и площади субъектов РФ – по данным Росреестра. Площади управляемых лесных земель – по данным Рослесхоза.

В основу расчетов положены дезагрегированные фактические 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 группам возраста в разрезе субъектов Российской Федерации. Результаты расчетов запасов

углерода, поглощения, потерь и бюджета углерода управляемых лесов за 2020 г. по субъектам Российской Федерации представлены в приложении 3.3 (часть 2 НДК).

Общая площадь управляемых лесных земель с 1990 по 2020 г. увеличилась на 81,3 млн. га за счет перевода из неуправляемых лесных земель. Кроме того, в 2014 г. увеличение площади на 279 тыс. га произошло за счет лесных земель Республики Крым.

6.4.1.1.1.1 Управляемые леса лесного фонда

Покрытые лесной растительностью земли лесного фонда ежегодно абсорбировали от 279,3 до 342,2 Мт С год$^{-1}$ (в среднем – 312,4 Мт С год$^{-1}$). В среднем 71,4% абсорбции углерода приходилось на фитомассу, 10,3% – на мертвую древесину, 3,3% – на подстилку и 15,0% – на почву (табл. 6.6, рис. 6.6).

Таблица 6.6

Абсорбция углерода управляемыми лесами лесного фонда по пулам

Год	Поглощение углерода по пулам, тыс. т С·год$^{-1}$				
	фитомасса	мертвая древесина	подстилка	почва	все пулы
1990	200 043,4	26 840,8	10 119,2	42 343,9	279 347,4
1995	203 993,5	28 996,5	10 293,6	44 764,3	288 048,0
2000	213 964,7	31 294,5	10 580,3	46 859,7	302 699,2
2005	216 828,3	31 263,9	10 107,3	46 670,4	304 869,9
2010	246 305,0	36 034,1	10 139,0	48 370,8	340 848,9
2011	240 039,7	34 814,6	10 209,5	48 692,5	333 756,2
2012	245 865,2	35 687,2	10 299,5	48 977,5	340 829,4
2013	243 821,6	35 271,2	10 290,8	48 883,7	338 267,4
2014	244 832,8	35 359,8	10 191,3	48 738,8	339 122,7
2015	245 027,5	35 322,4	10 233,2	48 950,9	339 533,9
2016	243 639,3	34 640,1	10 262,4	49 241,6	337 783,4
2017	242 558,6	34 382,1	10 184,5	49 196,6	336 321,8
2018	241 599,6	34 084,0	10 237,2	49 420,8	335 341,6
2019	241 544,1	33 907,2	10 139,6	49 409,1	335 000,1
2020	241 454,9	33 882,4	10 189,1	49 665,8	335 192,2

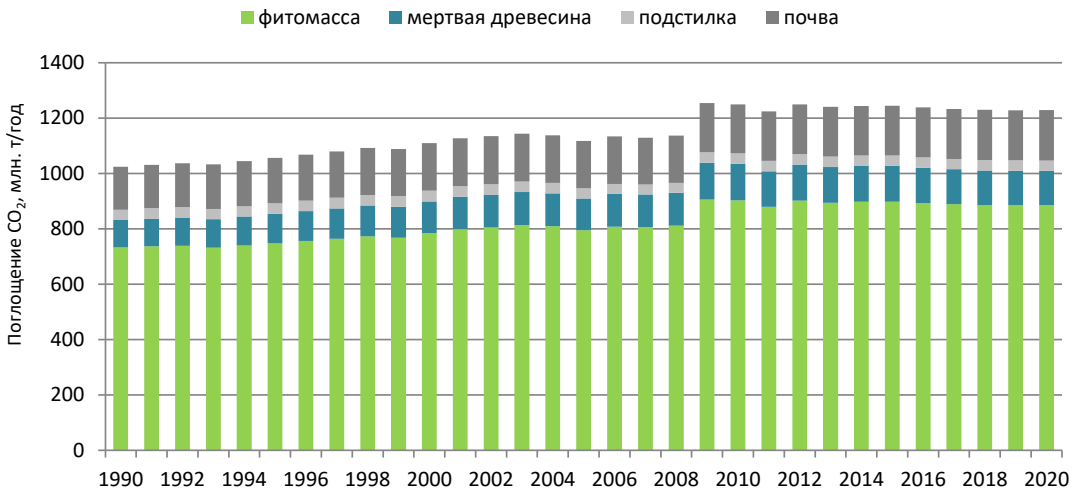

Рисунок 6.6 – Динамика абсорбции CO_2 управляемыми лесами лесного фонда по пулам

Потери углерода в результате рубок и гибели лесных насаждений от пожаров и других факторов на управляемых лесных землях изменялись от 134,0 до 218,8 Мт С год$^{-1}$ (в среднем – 161,9 Мт С год$^{-1}$) (табл. 6.7, рис. 6.7). В среднем 66,3% потерь углерода приходилось на фитомассу, 12,3% – на мертвую древесину, 3,5% – на подстилку, 17,9% – на почву. В начале 1990-х годов при высоких объемах лесопользования потери углерода при рубках были более значительными по сравнению с потерями при пожарах. После сокращения лесопользования с конца 1990-х годов пожары стали основным фактором потерь углерода управляемыми лесами России. Начиная с 2017 г. потери углерода от рубок стали выше по сравнению с потерями углерода в результате гибели древостоев от пожаров и ных причин.

Данные о фактической рубке в лесах России (H_k) представлены на рисунке 6.8 (Рослесхоз, 2002, 2003а, 2005, 2006; Замолодчиков и др., 2005; данные Рослесхоза). Приведенные на рисунке данные свидетельствуют о сокращении всех видов лесопользования за период с 1990 по 1998 гг. и некотором его повышении в 1999–2020 гг. по сравнению с предыдущим периодом. Потери углерода по пулам фитомассы, мертвой древесины, подстилки и почвы в результате сплошных рубок были рассчитанные по уравнениям 6.7, 6.14, 6.20, 6.26 на основе данных по площадям вырубок с учетом времени их зарастания по субъектам Российской Федерации. Согласно рекомендациям международной группы экспертов, потери углерода от иных видов рубок, не приводящих к образованию сплошных вырубок и не являющихся деструктивными нарушениями древостоев, отдельно не рассчитываются, поскольку выбранная методика расчета бюджета углерода уже учитывает эти потери.

Таблица 6.7

Потери углерода управляемыми лесами лесного фонда в результате пожаров и других антропогенных воздействий (тыс. т С)

Годы	Потери углерода, тыс. т С			
	Деструктивные пожары и другие причины гибели насаждений*	Сплошные рубки	Осушение органических почв	Всего потери
1990	93 956,5	121 911,6	1 661,8	217 530,0
1995	86 723,3	104 076,6	1 661,8	192 461,7
2000	85 250,7	56 963,5	1 558,8	143 773,0
2005	86 281,7	53 870,6	1 404,2	141 556,5
2010	77 585,0	64 092,9	1 384,6	143 062,6
2011	78 930,0	65 499,3	1 384,6	145 813,9
2012	79 811,3	68 440,0	1 384,6	149 635,9
2013	81 384,6	72 028,6	1 384,6	154 797,8
2014	81 471,4	74 533,9	1 384,6	157 390,0
2015	81 015,9	77 017,2	1 384,6	159 417,8
2016	80 534,1	79 575,2	1 384,6	161 493,9
2017	79 078,2	82 688,5	1 384,6	163 151,3
2018	78 532,1	85 723,0	1 384,6	165 639,7
2019	78 597,8	88 902,4	1 384,6	168 884,9
2020	78 148,0	92 547,4	1 384,6	172 080,0

Примечание: * - потери углерода включают мгновенные выбросы от деструктивных пожаров, представленные в таблице 6.10

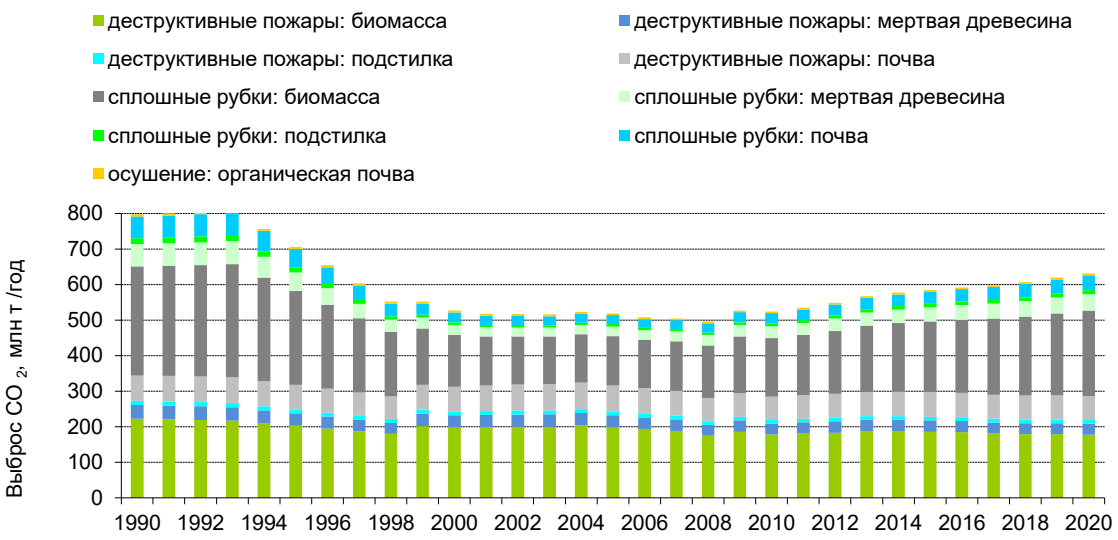

Рисунок 6.7 – Динамика потерь CO_2 управляемыми лесами лесного фонда по пулам в результате хозяйственной деятельности

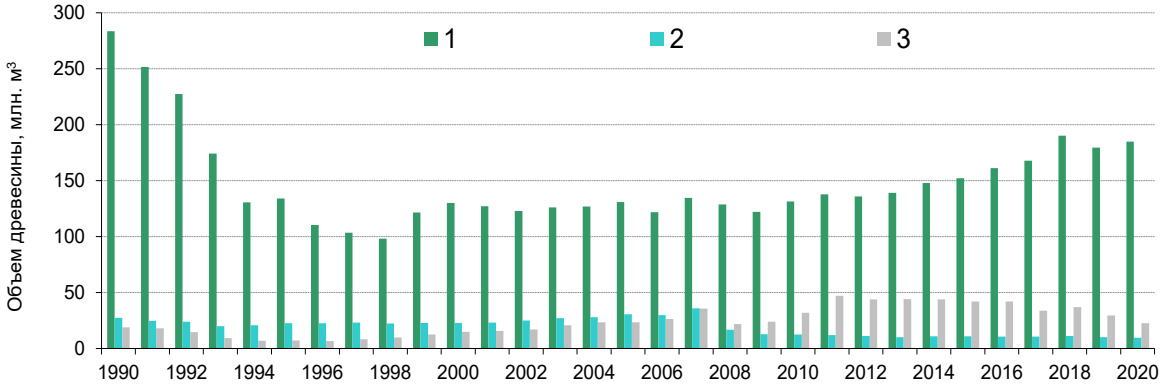

Рисунок 6.8 – Фактическая рубка древесины в лесах России по видам пользования: 1 – рубки спелых и перестойных насаждений; 2 – рубки ухода; 3 – санитарные рубки и прочие рубки

6.4.1.1.1.2 Управляемые леса на землях ООПТ, землях обороны и безопасности,

Динамика площадей лесных земель по данным Рослесхоза и оценка нетто-поглощения углерода лесами, расположенными на землях ООПТ, землях обороны и безопасности, показана в таблице 6.8. Итоговые оценки нетто-поглощения углерода являются суммой региональных оценок, рассчитанных на основе региональных значений нетто-поглощения углерода управляемыми лесами лесного фонда на единицу площади. Покрытые лесом земли ООПТ обеспечивали в 2009-2020 гг. нетто-поглощение CO_2 в объеме 26,3-28,6 млн. т год$^{-1}$, а лесные земли обороны и безопасности – 8,6-9,0 млн. т CO_2 год$^{-1}$. В среднем на единицу площади леса ООПТ поглощали около 1,5 т CO_2 га$^{-1}$ год$^{-1}$, а леса на землях обороны и безопасности – 2,2 т CO_2 га$^{-1}$ год$^{-1}$. Такие различия связаны со значительными площадями низкопродуктивных лесов, входящих в состав ООПТ Европейского Севера, Северного Урала, Сибири и Дальнего Востока.

Согласно проведенному анализу изменения запасов углерода на территории постоянных земель поселений происходят только в пуле биомассы городских насаждений. Запасы углерода остальных пулов практически неизменны.

Таблица 6.8

Динамика площадей лесных земель и нетто-поглощения углерода лесами, расположенными на землях особо охраняемых природных территорий и на землях обороны и безопасности

Показатели		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Земли особо охраняемых природных территорий												
Площадь лесных земель, тыс. га[1)]		17422,6	17604,2	17666,5	17751,4	17760,6	17771,6	17950,8	18035,3	19286,4	19251,7	19502,9
Нетто-поглощение, тыс. т С год$^{-1}$	Фитомасса древостоя	5518,9	5455,5	5527,9	5509,6	5520,2	5527,9	5589,59	5559,9	6001,2	6003,6	6005,9
	Мертвая древесина	724,3	691,8	701,6	700,3	699,4	697,4	696,26	677,2	726,5	727,8	728,2
	Подстилка	188,5	190,6	191,6	190,8	186,7	187,1	191,78	187,7	191,1	188,9	189,0
	Почва	802,9	821,8	822,7	813,3	804,7	808,0	825,04	820,7	835,3	837,9	838,0
	Итого по всем пулам	7234,6	7159,7	7243,7	7214,0	7211,0	7220,3	7302,7	7245,5	7754,1	7758,2	7761,2
Земли обороны и безопасности												
Площадь лесных земель, тыс. га[1)]		4007,8	4029,7	4035,7	4035,1	4034,5	4048,8	4013,8	4097,0	4096,6	4096,0	4075,0
Нетто-поглощение, тыс. т С год$^{-1}$	Фитомасса древостоя	1776,0	1789,2	1755,6	1735,8	1723,6	1724,6	1746,7	1711,3	1718,1	1720,0	1693,7
	Мертвая древесина	328,5	327,6	316,7	306,5	303,9	301,5	304,4	293,2	295,2	292,8	286,7
	Подстилка	63,6	64,9	63,0	63,8	63,1	62,5	62,8	62,1	61,0	62,5	62,0
	Почва	261,3	259,7	256,3	258,2	257,9	255,8	275,1	270,2	273,3	280,5	274,2
	Итого по всем пулам	2429,5	2441,3	2391,7	2364,3	2348,5	2344,5	2388,9	2336,9	2347,6	2355,7	1693,7

[1)] *Площади даны с учетом лесных земель, в отношении которых лесоустройство не проводилось.*

В качестве исходных послужили данные по площадям покрытых лесной растительностью лесных земель городских лесов, не входящих в лесной фонд, за 1988 и 1998 гг. (Госкомлес СССР, 1990; Рослесхоз, 1999), а также аналогичные данные за 2008-2020 гг., предоставленные Рослесхозом (табл. 6.9). Площади покрытых лесной растительностью лесных земель городских лесов за 1990-1997 гг. были получены расчетным путем за счет интерполяции данных за 1988 г. и 1998 г., за 1999-2007 гг. – путем интерполяции данных за 1998 г. и 2008 г.

Для оценки изменения запасов углерода в биомассе городских лесов использованы данные по поглощению углерода пулом биомассы управляемых лесов в пересчете на 1 га, вычисленные в среднем по России согласно уравнениям 6.2-6.4 (подробное описание методики приведено в разделе 6.4.1.1.2). Результаты расчетов представлены в таблице 6.9.

Анализ информации по способам управления зелеными зонами поселений показывает, что резервуар мертвого органического вещества на территории городских лесов, как правило, отсутствует ввиду систематической уборки опада и отпада древесных растений. Таким образом, эта категория нами не оценивалась и в таблицах ОФД 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 устройстве зеленых зон происходит насыпка плодородного слоя почвы привозным грунтом (Герасимова и др., 2003). При постоянной эксплуатации в течение осенне-зимнего сезона с их территории происходит смыв плодородного слоя почвы, и наблюдаются потери углерода. Однако весной, с началом нового вегетационного периода и перед высадкой саженцев, производится досыпка привозного грунта, 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, зелеными зонами, газонами и клумбами не происходит. В соответствующих таблицах ОФД использован стандартный указатель «NO». Неопределенность оценок изменений

запасов углерода биомассы постоянных земель поселений соответствует точности расчетов по постоянным лесным землям ввиду использования аналогичных методов и параметров пересчета.

Таблица 6.9

Площадь лесных земель и ежегодное поглощение углерода биомассой городских лесов

Годы	Площадь лесных земель, тыс. га[1)]	Поглощение биомассой городских лесов	
		тыс. т С	тыс. т CO_2
1990	504,9	173,0	634,2
1995	929,3	330,3	1211,0
2000	1114,3	405,1	1485,3
2005	1139,6	405,2	1485,8
2010	1125,2	412,1	1511,0
2011	1129,7	409,7	1502,2
2012	1171,6	437,6	1604,4
2013	1192,6	440,6	1615,6
2014	1212,2	455,2	1669,2
2015	1241,3	463,9	1701,1
2016	1247,2	466,9	1712,1
2017	1239,7	469,2	1720,5
2018	1132,3	418,6	1535,0
2019	1153,1	419,6	1538,7
2020	1163,1	417,5	1530,9

[1)] *Площади за 1990-2005 гг. получены путем интерполяции данных за 1988, 1998, 2008 гг., за 2009-2020 г. – по данным Рослесхоза. Площади даны с учетом лесных земель, в отношении которых лесоустройство не проводилось.*

6.4.1.1.1.3 Резервные леса, управляемые в рамках проекта РУСАЛа по охране лесов

Проект РУСАЛа по охране лесов от пожаров в Красноярском крае реализуется на территории Нижне-Енисейского лесничества, Сымского участкового лесничества (рис. 6.9), которое относится к Западно-Сибирскому среднетаежному равнинному району таежной зоны.

Территория проекта (общая площадь – 504 986 га) относится к категории резервных лесов, к зоне лесоавиационных работ, где проводится регистрация пожаров при помощи космических средств, но мероприятия по тушению пожаров не проводятся, если пожары не угрожают объектам инфраструктуры и населенным пунктам. До 2019 г. поглощение и выбросы парниковых газов на этой территории не учитывались в связи с тем, что эта территория относилась к категории резервных лесов.

В 2019 г. Объединенная компания «РУСАЛ» (далее – ОК РУСАЛ) выделила финансирование на закупку необходимых материалов и средств для пожаротушения, законтрактованы воздушные суда (самолет и вертолет), набран и обучен персонал, проведено авиационное патрулирование. В период выполнения патрулирования природная пожарная опасность была слабая.

Начиная с 2019 года, участок резервных лесов площадью 504 986 га, включенный в проект РУСАЛа по охране лесов от пожаров в Нижне-Енисейском районе Красноярского края, рассматривается в настоящем кадастре в качестве управляемых лесов. В связи с этим объемы поглощения CO_2 лесными экосистемами на этой площади за 2020 г. были включены национальный кадастр парниковых газов.

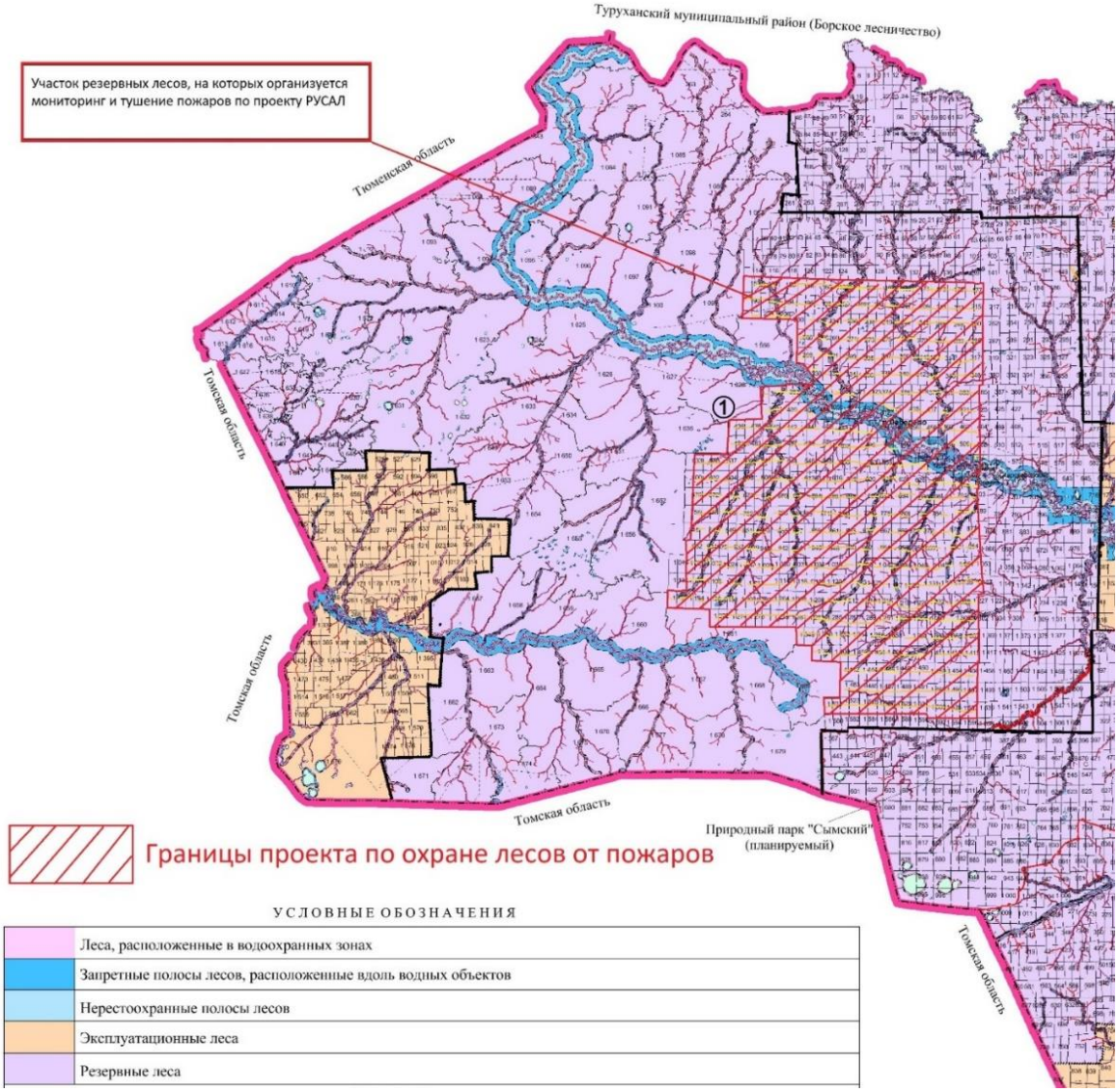

Рисунок 6.9 – Границы проекта по охране лесов от пожаров на территории резервных лесов Сымского участкового лесничества Нижне-Енисейского лесничества

В качестве исходных данных для расчетов были использованы материалы государственного лесного реестра, включающие информацию по лесному фонду резервных лесов Нижне-Енисейского лесничества по состоянию на 01.01.2020 г., по площадям пожаров из Информационной системы дистанционного мониторинга лесов Рослесхоза (ИСДМ-Рослесхоз) за 2020 г., а также сведения об объемах сжигаемого ископаемого топлива и использовании воздушного, внедорожного и дорожного транспорта, необходимого для реализации проекта.

Согласно данным ГЛР на рассматриваемой территории наибольшую долю площади занимают сосновые (39,4% площади) и кедровые (30,2%) леса. Меньшую площадь занимают березовые (15%), пихтовые (10,8%), еловые (2,9%), лиственничные (1,2%) и осиновые (0,5%) леса. Распределение площадей по группам возраста: 4,2% площади занимают молодняки, 18,2% – средневозрастные, 18,0% – приспевающие, 30,3% – спелые и 29,2% – перестойные древостои. На территории не проводятся лесозаготовки. В 2019-2020 гг. не было отмечено верховых пожаров и гибели древостоев на этой территории. В связи с этим выбросы парниковых газов, связанные с вырубкой леса и гибелью древостоев от пожаров и прочих причин, в 2019-2020 гг. отсутствовали. Данные об объемах накопления углерода и поглощения CO_2 лесами в 2020 г. представлены в таблице 6.10.

Таблица 6.10

Объем накопления углерода и поглощения диоксида углерода лесами на территории проекта РУСАЛа по охране лесов от пожаров в Нижне-Енисейском лесничестве Красноярского края

Пулы углерода	Накопление углерода, тыс. тС·год$^{-1}$	Нетто-поглощение CO_2, тыс. тCO_2·год$^{-1}$
Биомасса древостоя	106,61	390,89
Мертвая древесина	7,24	26,55
Подстилка	0,88	3,22
Почва	5,75	21,09
Итого по всем пулам	120,48	441,74

Согласно представленным данным, реализация проекта предполагает использованием воздушного, внедорожного и дорожного транспорта. В 2020 году суммарный выброс от сжигания ископаемого топлива составил 29,1 т CO_2-экв.[21], выбросы парниковых газов от пожаров – 26,0 т CO_2-экв. Таким образом, чистое поглощение лесами за вычетом выбросов парниковых газов от сжигания ископаемого топлива и пожаров при реализации проекта ОК РУСАЛ составило 441,69 тыс. т CO_2-экв.

6.4.1.1.1.4 Выбросы парниковых газов от пожаров

Данные государственной статистики о площадях низовых, верховых и почвенных пожаров, ежегодно регистрируемых на лесных землях управляемой части территории лесного фонда России представлены на рисунке 6.10. Кроме того, были учтены площади пожаров, регистрируемых на землях иных категорий, включая земли ООПТ, обороны и безопасности, согласно представленным Рослесхозом данным. Высокая горимость лесов отмечалась в 1990, 1996, 1998, 2003, 2008, 2010-2012, 2014-2020 годы. Выброс CO_2 от деструктивных лесных пожаров и гибели древостоев по иным причинам, включая послепожарные эмиссии, был рассчитан по уравнениям 6.18, 6.20, 6.22, 6.24 на основе данных по площадям гарей и погибших насаждений с учетом времени их зарастания в разрезе субъектов Российской Федерации.

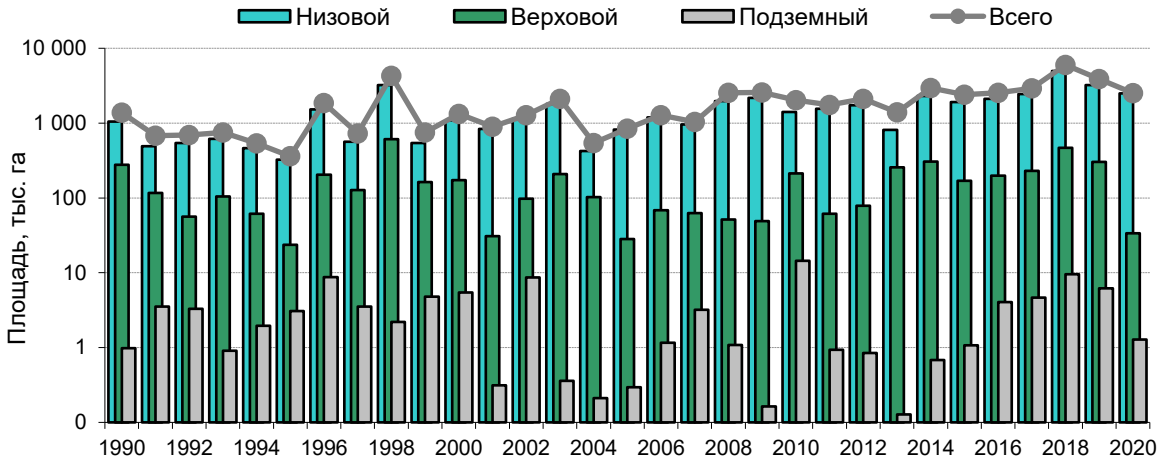

Рисунок 6.10 – Площади пожаров в управляемых лесах по данным Рослесхоза

Помимо общих потерь углерода от верховых пожаров, приводящих к гибели древостоев, необходимо учитывать выбросы CH_4, N_2O, CO, NO_x и NMVO от всех типов пожаров, которые определялись по формуле 6.30. В кадастре отдельно рассчитываются выбросы парниковых

[21] *Выброс от сжигания ископаемого топлива при реализации проекта учтен в секторе «Энергетика» настоящего кадастра*

газов от верховых пожаров, низовых пожаров, почвенных пожаров и пожаров на лесных землях, временно непокрытых лесом. Площадь последней категории лесных пожаров рассчитывалась как разность между общей площадью пожаров на лесных землях и суммарной площадью низовых, верховых и почвенных пожаров.

Начиная с кадастра 2014 года, в отчетность включены выбросы неметановых углеводородов для оценки которых были использованы факторы эмиссии из публикации (Akagi et al, 2011). Пожарные эмиссии CO_2, CH_4, N_2O, CO, NO_x и NMVOC в управляемых лесах России приведены в таблице 6.11 и на рисунке 6.11. Значительная вариация выбросов парниковых газов обусловлена воздействием природных и антропогенных факторов, определяющих условия возникновения и характер пожаров в лесах.

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 6.11

Выбросы CO_2, CH_4, N_2O, CO, NO_x и NMVOC от природных пожаров разных типов в управляемых лесах России

Годы	Площадь, тыс. га	Величина выброса, тыс. т					
		CO_2	CH_4	CO	N_2O	NO_x	NMVOC
Низовые пожары							
1990	1050,1	30012,6	89,9	2046,7	5,0	57,4	560,5
1995	325,8	9311,2	27,9	635,0	1,5	17,8	173,9
2000	1093,3	31248,3	93,6	2131,0	5,2	59,7	583,5
2005	815,5	23307,7	69,8	1589,5	3,9	44,6	435,3
2010	1414,1	40415,4	121,1	2756,2	6,7	77,3	754,7
2011	1560,0	44587,5	133,6	3040,7	7,4	85,3	832,6
2012	1732,0	49502,6	148,3	3375,9	8,2	94,7	924,4
2013	813,3	23244,8	69,6	1585,2	3,9	44,4	409,3
2014	2299,4	65718,0	196,9	4481,7	10,9	125,7	1227,2
2015	1854,2	52994,8	158,7	3614,0	8,8	101,3	989,6
2016	2411,3**	68915,4	206,4	4699,8	11,4	131,8	1286,9
2017	2547,2**	72802,0	218,1	4964,8	12,1	139,2	1359,5
2018	5214,1**	149024,4	446,4	10162,9	24,7	284,9	2782,9
2019	3365,7**	96195,0	288,2	6560,1	15,9	183,9	1796,4
2020	2195,5	62748,9	188,0	4279,2	10,4	120,0	1171,8
Деструктивные пожары* **							
1990	1571,4	128750,1	385,7	8780,3	21,3	246,2	2404,3
1995	1508,0	123555,2	370,1	8426,0	20,5	236,2	2307,3
2000	1506,9	123461,3	369,8	8419,6	20,5	236,1	2305,6
2005	1577,1	129214,9	387,1	8812,0	21,4	247,1	2413,0
2010	1432,4	117359,5	351,6	8003,5	19,4	224,4	2191,6
2011	1465,8	120097,7	359,8	8190,2	19,9	229,6	2242,7
2012	1485,6	121719,0	364,6	8300,8	20,2	232,7	2273,0
2013	1506,9	123462,6	369,8	8419,7	20,5	236,1	2305,6
2014	1508,9	123626,9	370,3	8430,9	20,5	236,4	2308,6
2015	1510,4	123749,1	370,7	8439,2	20,5	236,6	2311,9
2016	1501,3	123001,8	368,5	8388,3	20,4	235,2	2297,0
2017	1481,5	121381,4	363,6	8277,8	20,1	232,1	2266,7
2018	1478,0	121095,7	362,7	8258,3	20,1	231,5	2261,4
2019	1486,0	121749,0	364,7	8302,8	20,2	232,8	2273,6
2020	1481,9	121416,5	363,7	8280,2	20,1	232,2	2267,4

Продолжение таблицы 6.11

Годы	Площадь, тыс. га	Величина выброса, тыс. т					
		CO_2	CH_4	CO	N_2O	NO_x	NMVOC
Почвенные пожары							
1990	1,0	42,7	1,1	24,4	0,0	0,4	3,5
1995	3,1	133,1	3,3	76,1	0,1	1,1	10,8
2000	5,5	237,6	5,9	135,8	0,2	2,0	19,2
2005	0,3	12,8	0,3	7,3	0,0	0,1	1,0
2010	14,4	627,3	15,6	358,7	0,5	5,2	50,8
2011	0,9	40,6	1,0	23,2	0,0	0,3	3,3
2012	0,8	36,9	0,9	21,1	0,0	0,3	3,0
2013	0,1	5,5	0,1	3,2	0,0	0,0	0,4
2014	0,7	29,6	0,7	16,9	0,0	0,2	2,4
2015	1,1	46,6	1,2	26,7	0,0	0,4	3,8
2016	4,1**	176,4	4,4	100,9	0,1	1,5	14,3
2017	4,7**	204,2	5,1	116,8	0,1	1,7	16,5
2018	9,6**	417,9	10,4	239,0	0,3	3,5	33,8
2019	6,2**	269,8	6,7	154,3	0,1938	2,2	21,8
2020	1,3	55,5	1,4	31,7	0,0398	0,5	4,5
Пожары на непокрытых лесом землях							
1990	49,5	591,5	1,8	40,3	0,1	1,1	11,0
1995	7,7	92,5	0,3	6,3	0,0	0,2	1,7
2000	57,5	687,9	2,1	46,9	0,1	1,3	12,8
2005	1,2	14,4	0,0	1,0	0,0	0,0	0,3
2010	386,2	4618,7	13,8	315,0	0,8	8,8	86,3
2011	131,2	1568,9	4,7	107,0	0,3	3,0	29,3
2012	289,7	3464,7	10,4	236,3	0,6	6,6	64,7
2013	82,9	991,4	3,0	67,6	0,2	1,9	18,5
2014	177,9	2127,6	6,4	145,1	0,4	4,1	39,7
2015	323,7	3872,7	11,6	264	0,6	7,4	72,3
2016	210,4	2516,1	7,5	171,6	0,4	4,8	47,0
2017	216,9	2594,3	7,8	176,9	0,4	5,0	48,4
2018	227,4	2719,2	8,1	185,4	0,5	5,2	50,8
2019	207,5	2481,7	7,4	169,2	0,4	4,7	46,3
2020	217,0	2595,8	7,8	177,0	0,4	5,0	48,5
Все типы пожаров							
1990	2672,0	159396,8	478,4	10891,8	26,4	305,0	2979,3
1995	1844,6	133092,0	401,6	9143,4	22,1	255,3	2493,7
2000	2663,2	155635,0	471,4	10733,4	25,9	299,1	2921,2
2005	2394,1	152549,9	457,2	10409,8	25,3	291,8	2849,6
2010	3247,1	163020,9	502,1	11433,3	27,4	315,7	3083,4
2011	3158,0	166294,8	499,0	11361,1	27,6	318,2	3108,0
2012	3508,2	174723,1	524,2	11934,0	29,0	334,3	3265,1
2013	2403,2	147704,3	442,6	10075,7	24,5	282,5	2758,6
2014	3986,8	191502,1	574,3	13074,6	31,8	366,3	3578,0
2015	3689,4	180662,2	542,2	12344,0	30,0	345,7	3376,6
2016	4126,9	194609,3	586,8	13360,5	32,4	373,2	3645,2
2017	4250,3	196981,8	594,5	13536,3	32,8	377,9	3691,2
2018	6929,1	273257,1	827,7	18845,6	45,51	525,1	5128,9
2019	5065,4	220695,5	667,0	15186,5	36,72	423,70	4138,14
2020	3895,7	186816,7	560,8	12768,1	31,0	357,6	3492,1

** – выбросы за 1991-1994, 1996-1999, 2001-2004, 2007-2009 гг. представлены в Национальных кадастрах парниковых газов 2014-2020 гг.*
*** - площади рассчитаны на основе соотношения разных типов пожаров за период 2000-2015 гг.*
**** – площади деструктивных пожаров представляют собой расчетную величину согласно формуле 6.15*

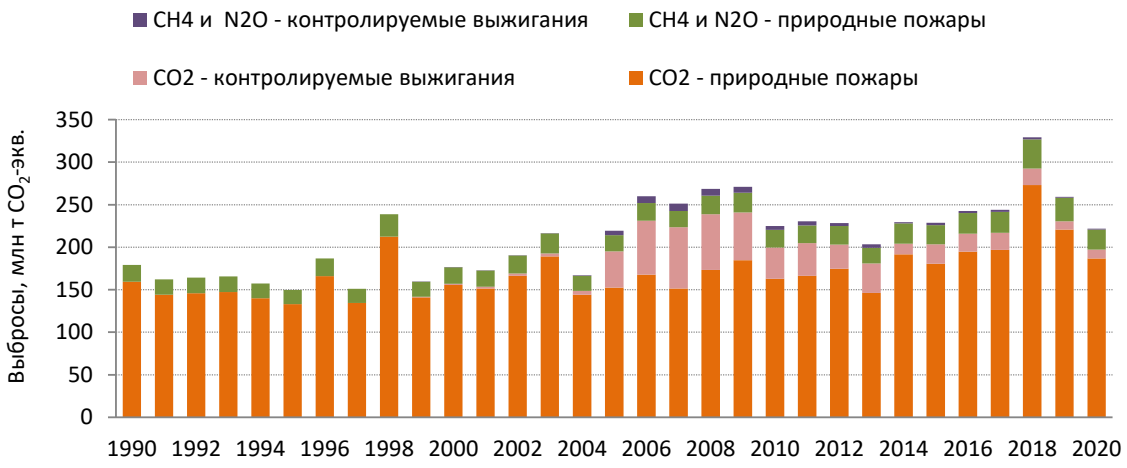

Рисунок 6.11 – Совокупные пожарные эмиссии от природных пожаров и от контролируемых выжиганий в управляемых лесах

В настоящее время профилактические выжигания регламентируются Лесным кодексом Российской Федерации. 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 Российской Федерации в области лесных отношений. Информация о профилактических палах, проведенных в 2006-2020 гг. была предоставлена Рослесхозом. Расчетные объемы выбросов парниковых газов от профилактических палов представлены в таблице 6.12 и на рисунке 6.11.В последние годы наблюдается тенденция к сокращению площадей профилактических выжиганий и к соотвествующему снижению выбросов парниковых газов.

Таблица 6.12

Выбросы CO_2, CH_4, N_2O, 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_2O	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
2012	997,2	28499,9	85,4	1943,6	4,7	54,5	532,2
2013	1211,4	34622,0	103,7	2361,1	5,7	66,2	646,5
2014	441,2	12608,8	37,8	859,9	2,1	24,1	235,5
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

[1)] *В 1990–1998 гг. профилактические выжигания не проводились. Выбросы за 1999, 2001-2004, 2006-2009 гг. представлены в Национальном кадастре парниковых газов 2018-2020 гг.*

6.4.1.1.1.5 Итоговый углеродный баланс управляемых лесов (постоянные лесные земли)

За весь рассматриваемый период поглощение CO_2 управляемыми лесами Российской Федерации превышало выбросы парниковых газов, то есть наблюдалось нетто-поглощение в объемах от 206,8 Мт CO_2-экв. год$^{-1}$ в 1990 г. до 731,7 Мт CO_2-экв. год$^{-1}$ в 2010 г. После 2010 г. наблюдается постепенное снижение нетто-поглощения CO_2 управляемыми лесами, что связано с увеличением объема лесопользования и площадей пожаров (табл. 6.13, рис. 6.12). В 2020 г. чистое поглощение CO_2 управляемыми лесами (без учета выбросов CH_4 и N_2O от осушения органогенных почв) составило 609,8 Мт CO_2-экв. год$^{-1}$.

Итоговые величины углеродного баланса управляемых лесов Российской Федерации отражают всю совокупность мер по лесоуправлению: лесопользование, лесовосстановление, охрану и защиту лесов. Одной из основных причин, по которой леса за рассматриваемый период являлись стоком углерода, связана с двукратным снижением уровня лесопользования, имевшем место в начале 1990-х годов.

Таблица 6.13

Баланс парниковых газов управляемых лесов Российской Федерации (без учета выбросов от осушения лесных земель) – категория 4.A.1. «Постоянные лесные земли»

Годы	Поглощение (-) и выбросы (+) парниковых газов управяемыми лесами, тыс. т CO_2-экв.·год$^{-1}$						
	Лесной фонд	Леса ООПТ	Леса обороны	Городские леса	Проект РУСАЛ	Пожары	Итого
1990	-355413,9	IE[1)]	IE[1)]	-634,2	NA[2)]	149222,9	-206825,2
1995	-474038,2	IE	-8286,5	-1211	NA	140414,8	-343120,9
2000	-706190,6	IE	-8453,1	-1485,3	NA	144074,1	-572054,9
2005	-728030,9	IE	-8281,5	-1485,8	NA	153500,8	-584297,4
2010	-842576,1	-26526,8	-8951,4	-1511	NA	147854,6	-731710,8
2011	-809219,5	-26252,1	-8769,6	-1502,2	NA	147207,5	-698536,1
2012	-822761,8	-26560,4	-8669	-1604,4	NA	150501,3	-709094,3
2013	-796184,3	-26451,3	-8611	-1615,6	NA	147121,3	-685740,9
2014	-790946,6	-26440,5	-8596,6	-1669,2	NA	151170	-676482,8
2015	-785141,1	-26474,5	-8759,2	-1701,1	NA	152990,8	-669085,2
2016	-770358,8	-26776,5	-8568,5	-1712,1	NA	152639,9	-654776,0
2017	-757003,9	-26567	-8607,8	-1720,5	NA	151272,3	-642626,9
2018	-743988,4	-28574,7	-8626,2	-1535	NA	160879	-621845,4
2019	-730837,9	-28446,8	-8637,7	-1538,7	-441,7	153329,7	-616573,2
2020	-719494,2	-28457,6	-8494,3	-1530,9	-441,7	148632,7	-609786,0

[1)] IE – включено в состав лесного фонда, [2)] NA – не применимо

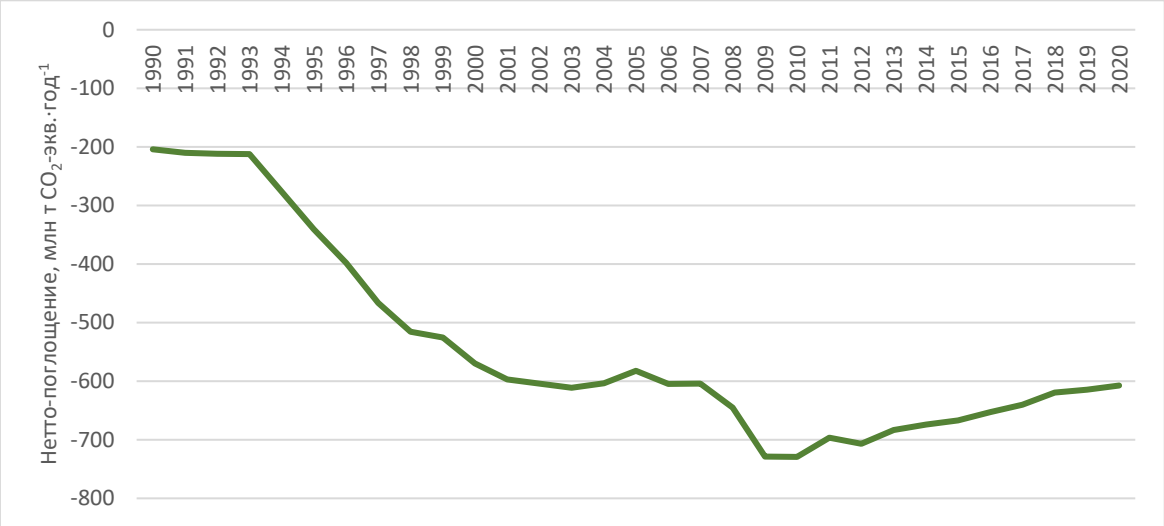

Рисунок 6.12 – Баланс парниковых газов управляемых лесов Российской Федерации

6.4.1.1.1.6 Выбросы CO_2, CH_4 и N_2O от осушения органических лесных почв

Результаты расчетов выбросов CO_2, CH_4 и N_2O от осушения органических лесных почв приведены в таблице 6.14. 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.

Таблица 6.14

Площади осушенных лесных земель и выбросы парниковых газов

Годы	**Площади осушенных лесных земель, тыс. га**	**Выбросы парниковых газов, тыс. т**		
		CO_2	**N_2O**	**CH_4**
1990	2340,6	6093,4	6,3	23,0
1995	2340,6	6093,4	6,3	23,0
2000	2195,5	5715,6	5,9	21,5
2005	1977,8	5148,9	5,3	19,4
2010	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2011	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2012	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2013	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2014	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2015	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2016	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2017	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2018	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2019	1950,2	5077,0	5,2	19,1
2020	1950,2	5077,0	5,2	19,1

6.4.1.1.2– Методология сбора данных и расчетов

Информация о деятельности, необходимая для составления кадастра парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ, основана на материалах Росреестра и данных ГЛР – систематизированного свода информации о лесах (рис. 6.13). До 2008 года основным источником информации для составления кадастра парниковых газов по лесам были данные государственного учета лесного фонда (ГУЛФ). Документированная информация подготавливается ежегодно органами государственной власти субъектов Российской Федерации путем свода данных ГЛР по субъекту Российской Федерации на основе единого программного обеспечения.

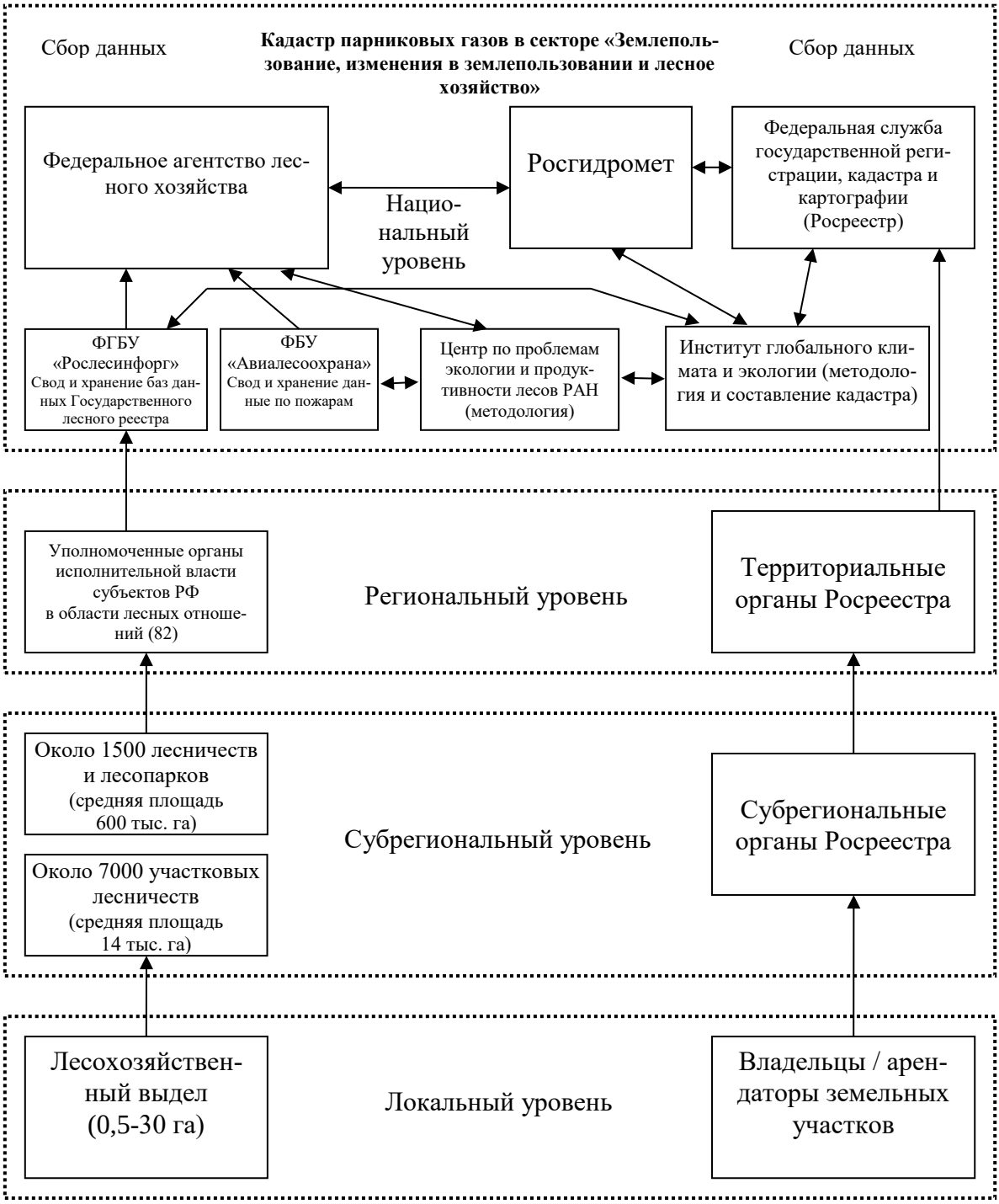

Рисунок 6.13 – Элементы национальной системы Российской Федерации по оценке выбросов и абсорбции парниковых газов *в секторе «ЗИЗЛХ», включая сбор данных о деятельности*

ГУЛФ выполнялся по единой инструкции, утвержденной Минприроды Российской Федерации (Инструкция о порядке ведения государственного учета лесного фонда, 1997). ГЛР ведется по формам, утвержденным приказом Минприроды России от 6 октября 2016 года № 514 «Об утверждении форм ведения ГЛР».

Первичный учет лесного фонда осуществлялся при очередном лесоустройстве, которое проходило один раз в 10–15 лет. Лесоустройство предполагает проведение полевых исследований лесов с использованием материалов аэрофотосъемки. Минимальной учетной единицей при лесоустройстве является таксационный выдел – однородный по таксационной характеристике и хозяйственному (функциональному) назначению участок лесного фонда, на всей площади которого при необходимости намечаются одинаковые хозяйственные мероприятия. Таксационная характеристика включает следующие показатели: происхождение древостоев (естественное и искусственное); ярусную структуру; состав – долевое соотношение образующих насаждение древесных пород; среднюю высоту и средний диаметр деревьев, возраст древостоя, класс бонитета, полноту, запас древесины, класс товарности, тип леса или группу типов леса, наличие подроста и подлеска, напочвенный покров. Возраст древостоя определяется на основе исторических данных о проводимых в прошлом сплошных рубках и лесокультурных мероприятиях, содержащихся в материалах предыдущего лесоустройства. При необходимости уточнения возраста древостоя на выделе у 3–5 учетных деревьев, близких к средним, возрастным буравом отбираются керны древесины. Запас растущей стволовой древесины на 1 гектар определяется отдельно для каждого яруса лесного насаждения по преобладающей древесной породе с учетом средней высоты древостоя и полноты яруса с использованием лесотаксационных справочников (Загреев и др., 1992; Таблицы и модели…, 2008; и другие). Границы кварталов и выделов, а также площади вырубок и гарей уточняются на основе аэрофотоснимков (космических снимков).

Дешифрирование аэрокосмических снимков, получаемых в цифровом виде или преобразованных в цифровой вид, производится с использованием специализированных программ и автоматизированных (интерактивных) методов и ГИС-технологий, обеспечивающих как выполнение традиционного аналитико-измерительного дешифрирования в интерактивном режиме, так и автоматизированную классификацию изображений, совместную обработку разновременных снимков и карт и выявление по ним изменений, произошедших в результате рубок, пожаров и других природных и антропогенных воздействий, приведших к трансформации покрытых лесной растительностью земель в не покрытые лесом и нелесные земли. Результаты классификации используются для уточнения разделения территории лесов на лесотаксационные выделы. Проведение лесоустройства регламентируется специальной «Лесоустроительной инструкцией», утвержденной Приказом Минприроды России от 29.03.2018 № 122. Полученные таксационные описания вводятся в специализированную базу данных, где проводится автоматическая проверка корректности вводимых данных. В период между лесоустройствами учет проводился на основе сведений о текущих изменениях в лесном фонде, предоставляемых лесничествами и другими организациями, ведущими лесное хозяйство. К таким изменениям относятся изменения их окружных границ, строительство дорог, линий электропередачи, газо- и нефтепроводов, сплошные рубки главного пользования и санитарные рубки, создание лесных культур, естественное заращивание не покрытых лесной растительностью земель, естественный ход роста древостоев, изменение состава насаждений рубками ухода, повреждение древостоев стихийными бедствиями и т.д. Оформление первичной документации в лесничествах и других организациях, ведущих лесное хозяйство, осуществляется преимущественно с помощью вычислительной техники. Сводные данные по субъекту Российской Федерации получают в его органе исполнительной власти в области лесных отношений на основе информации, поступающей из лесничеств.

Методологию инвентаризации парниковых газов в лесном хозяйстве разрабатывает Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН совместно с ИГКЭ.

Настоящий кадастр газов включает расчетные оценки выбросов и поглощения CO_2, CH_4, N_2O, CO и NO_x, как следствие антропогенной деятельности в лесном хозяйстве. Для расчетов были использованы данные по площадям и запасам древесины управляемых лесов в разрезе субъектов Российской Федерации, предоставленные Рослесхозом по состоянию на 1 января 1988, 1993, 1998–2019 гг. Информационным источником для оценки бюджета углерода лесов на региональном уровне, в настоящее время являются материалы ГЛР. Форма № 2 ГЛР «Распределение площади лесов и запасов древесины по преобладающим породам и группам возраста» ГЛР содержит данные о площадях и запасах насаждений для покрытых лесом земель (с дифференциацией насаждений по преобладающим породам и группам возраста), форма № 1-ГЛР «Характеристика лесов по целевому назначению: о защитных лесах, об их категориях, эксплуатационных лесах и о резервных лесах» включает площади различных категорий непокрытых лесом и нелесных земель лесного фонда (гари, вырубки, луга, болота и т.д.). До 2008г. аналогичная информация собиралась и периодически публиковалась в рамках ГУЛФ (Госкомлес СССР, 1990; Рослесхоз, 1995b, 1999, 2003c). Категории «покрытые лесом земли» и «не покрытые лесом земли» объединяются в категорию «лесные земли», то есть те земли, которые используются или могут быть использованы для выращивания леса.

Возрастная структура древостоев защитных и эксплуатационных лесов по основным группам пород представлена на рисунке 6.14. Отличительной особенностью возрастной структуры управляемых лесов является значительное участие спелых и перестойных древостоев. В спелых и перестойных древостоях годичное депонирование углерода сокращается (Исаев и др., 1993). В 1990 г. доля спелых и перестойных древостоев составляла 47,5% от площади управляемых лесов, в 2019 г. – 45,7%. Доля площади спелых и перестойных древостоев с преобладанием хвойных пород сократилась с 51,3% в 1990 году до 48,3% в 2019 г., что связано с лесозаготовками преимущественно хвойных пород. Аналогичная тенденция была характерна и для твердолиственных пород: доля спелых и перестойных древостоев сократилась с 46,9% в 1990 году до 44,6% в 2019 году. В то же время наблюдалось увеличение доли площадей спелых и перестойных древостоев с преобладанием мягколиственных пород (с 33,5% в 1990 году до 38,7% в 2019 году).

Для оценки годовых изменений запасов углерода на лесных землях используется специальная программа РОБУЛ, разработанная Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН) (Замолодчиков и др., 2011, 2013а, 2013б). Применяемая методика реализует рекомендуемый МГЭИК метод поступлений и потерь, предполагающий вычитание потерь углерода из величин приращения углерода за отчетный период в каждом из углеродных пулов (МГЭИК, 2003, 2006).

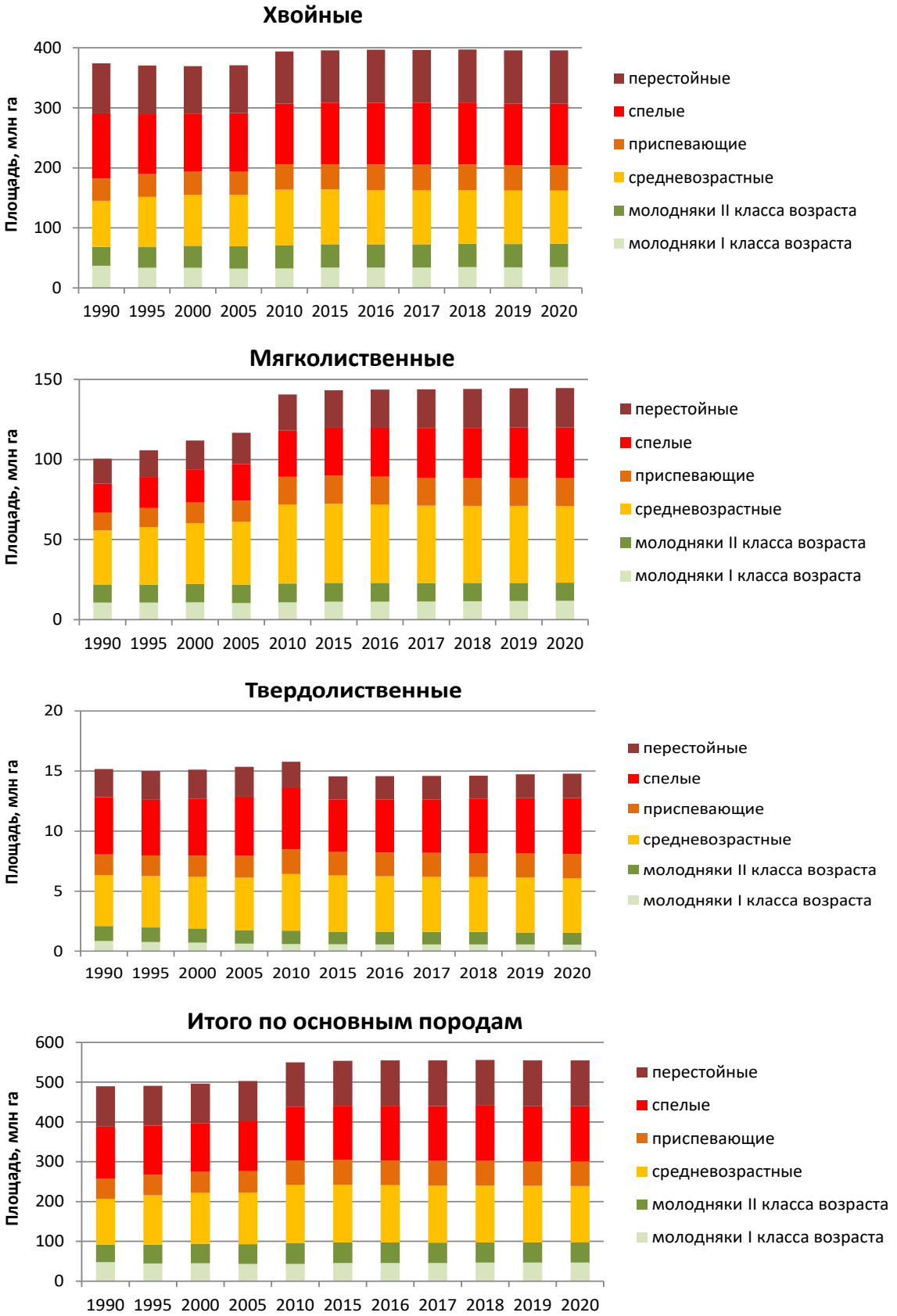

Рисунок 6.14 – Динамика распределения площадей основных групп древесных пород по группам возраста в управляемых лесах лесного фонда

При выборе методики РОБУЛ в качестве базовой для составления НДК парниковых газов были приняты во внимание следующие положения:

1. РОБУЛ полностью соответствует руководящим указаниям МГЭИК по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (МГЭИК, 2003), а также руководящим принципам МГЭИК для национальных инвентаризаций парниковых газов (МГЭИК, 2006). Это положение подтверждается неоднократными проверками экспертами РКИК ООН, традиционно уделяющих пристальное внимание национальной отчетности по стокам углерода в управляемых лесах. Методика была доработана с учетом замечаний по результатам проверки НДК парниковых газов в 2009–2010 г.
2. Алгоритмические основы, параметры уравнений и примеры использования РОБУЛ опубликованы в рецензируемых научных журналах (Лесоведение, Метеорология и гидрология, Известия РАН и др.), что является подтверждением ее корректности со стороны научного сообщества.
3. Для РОБУЛ имеется открытое программное обеспечение, что существенно облегчило ее включение в комплекс расчетных средств Национального кадастра парниковых газов.
4. РОБУЛ использует в качестве исходных данных материалы ГЛР, являющегося официальным источником информации о лесах Российской Федерации. Согласно руководящим указаниям МГЭИК, все оценки национальных кадастров должны выполняться на основе официальных сведений об активности. Этому условию не соответствуют независимые системы оценки баланса углерода лесов, основанные на картографическом либо дистанционном подходе.
5. РОБУЛ предоставляет возможность расчета неопределенности оценок, что является одним из требований руководств МГЭИК. Расчет суммарной неопределенности осуществляется строгим образом на основе оценки ошибок коэффициентов уравнений и правил преобразования погрешностей. Такой подход обладает повышенной адекватностью в сравнении с распространенным методом Монте-Карло.
6. Оценки РОБУЛ в расчете на единицу площади сопоставимы с данными Национальных кадастров других стран, в частности США, Канады, Финляндии. Различия логично объясняются природно-климатическими условиями стран и национальными особенностями лесоуправления, в частности, уровнями пожарных нарушений (Романовская и др., 2018; Romanovskaya et al., 2019). Сравнение параметров расчета и итоговых оценок национальных кадастров различных стран является одним из приемов, используемых при проверке экспертами РКИК ООН.

Согласно методологическим рекомендациям МГЭИК, информационно-аналитическая оценка запасов и бюджета углерода проводится для следующих пулов: 1) фитомасса древостоя (древесного яруса); 2) мертвая древесина (сухостой и валеж); 3) подстилка; 4) органическое вещество почвы.

Территория России охватывает различные природные зоны, поэтому углеродные параметры лесов существенно варьируют в зональном и региональном отношении. В настоящей работе использован принцип зонально-провинциального деления территории России, предложенный в работе (Исаев и др., 1995). В соответствии с этим принципом территория России делится на следующие макрорегионы: Европейско-Уральская часть, Западная Сибирь, Восточная Сибирь и Дальний Восток. Каждый из 4 макрорегионов, в свою очередь, подразделяется на 3 широтные (зональные) полосы: северную (северные редколесья и северная тайга), среднюю (средняя тайга) и южную (южная тайга, смешанные, широколиственные леса и лесостепь). Границы 12 зонально-региональных полигонов совмещаются с административными границами субъектов федерации, что облегчает использование в дальнейших расчетах информации ГЛР, представленной для лесничеств (лесхозов) либо субъектов Российской Федерации. Распределение субъектов Федерации по 12 зонально-региональным полигонам представлено в таблице 6.15.

Таблица 6.15

Природно-географическая дифференциация субъектов Российской Федерации

Зонально-региональный полигон	Субъекты Российской Федерации
Европейско-Уральская часть, северная тайга	Архангельская область, Мурманская область, Ненецкий автономный округ, Республика Коми
Европейско-Уральская часть, средняя тайга	Вологодская область, Кировская область, Пермский край, Республика Карелия, Свердловская область
Европейско-Уральская часть, южная тайга и более южные зоны	Астраханская область, Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Волгоградская область, Воронежская область, Ивановская область, Кабардино-Балкарская Республика, Калининградская область, Калужская область, Карачаево-Черкесская Республика, Костромская область, Краснодарский край, Курганская область, Курская область, Ленинградская область, Липецкая область, Московская область, Нижегородская область, Новгородская область, Оренбургская область, Орловская область, Пензенская область, Псковская область, Республика Адыгея, Республика Башкортостан, Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Республика Калмыкия, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Северная Осетия (Алания), Республика Татарстан, Ростовская область, Рязанская область, Самарская область, Саратовская область, Смоленская область, Ставропольский край, Тамбовская область, Тверская область, Тульская область, Удмуртская Республика, Ульяновская область, Челябинская область, Чеченская Республика, Чувашская Республика, Ярославская область
Западная Сибирь, северная тайга	Ямало-Ненецкий автономный округ
Западная Сибирь, средняя тайга	Ханты-Мансийский автономный округ
Западная Сибирь, южная тайга и более южные зоны	Алтайский край, Кемеровская область, Новосибирская область, Омская область, Республика Алтай, Томская область, Тюменская область
Восточная Сибирь, северная тайга	Таймырский Долгано-Ненецкий и Эвенкийский районы Красноярского края
Восточная Сибирь, средняя тайга	Иркутская область, Красноярский край, Республика Бурятия, Забайкальский край
Восточная Сибирь, южная тайга и более южные зоны	Республика Тыва, Республика Хакасия, Усть-Ордынский Бурятский округ Иркутской области
Дальний Восток, северная тайга	Корякский округ Камчатского края, Магаданская область, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ
Дальний Восток, средняя тайга	Амурская область, Камчатский край, Сахалинская область, Хабаровский край
Дальний Восток, южная тайга и более южные зоны	Еврейская автономная область, Приморский край

Отнесение объекта оценки (покрытых лесом площадей лесничества либо субъекта Российской Федерации) к одному из 12 зонально-региональных полигонов (табл. 6.15) является общим начальным шагом при выполнении оценки каждого из рассматриваемых пулов углерода. Выбор параметров расчета (конверсионных отношений, эталонных средних значений) осуществляется либо по зональной полосе (в этом случае макрорегиональное положение объекта не меняет значений параметров), либо по зонально-региональному полигону. Ниже характеризуются ключевые этапы информационно-аналитической оценки запасов и бюджета углерода по основным пулам.

Оценка изменений запасов углерода в фитомассе

Расчет запасов углерода в фитомассе древостоя осуществляется через приводимые в материалах ГЛР объемные запасы древесины насаждений и конверсионные коэффициенты, представляющие собой отношения запаса углерода фитомассы к запасу стволовой древесины. Конверсионные коэффициенты имеют размерность физической плотности (т С $м^{-3}$) и позволяют рассчитывать массу по определяемому в хозяйственных целях объемному запасу древесины. Для расчетов были использованы уточненные значения конверсионных коэффициентов для разных древесных пород и групп возраста древостоев, опубликованные в работе

(Schepaschenko et al., 2017, 2018), за исключением коэффициентов для каменной березы и кедрового стланика, которые даны по другому источнику (Замолодчиков и др., 2003).

Расчет запаса углерода в фитомассе древостоев по группам возраста преобладающих пород в пределах оцениваемого объекта проводится по уравнению (6.1):

$$CP_{ij} = V_{ij}\ KP_{ij} \qquad (6.1)$$

где: CP_{ij} – запас углерода в фитомассе древостоев группы возраста i преобладающей породы j, т С;

V_{ij} – объемный запас стволовой древесины насаждений группы возраста i преобладающей породы j, $м^3$ $га^{-1}$ (по данным ГЛР);

KP_{ij} – конверсионный коэффициент для расчета запаса углерода в фитомассе древостоев группы возраста i преобладающей породы j, т С $м^{-3}$ (приведены в таблице 6.16 и в приложении 3.2). KP_{ij} равен выражению [BCEFS · (1 + R) · CF] в уравнении 2.8, приведенном в Руководящих принципах национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК (МГЭИК, 2006: том. 4, глава 2, с. 2.12).

Таблица 6.16

Конверсионные коэффициенты (т С $м^{-3}$) для расчета запаса углерода в фитомассе древостоя по объемному запасу древесины лесного насаждения (по Schepaschenko et al., 2018 с дополнениями по: Замолодчиков и др., 2003)

Преобладающая порода	Зона	Группа возраста			
		Молодняки I и II классов возраста	Средневозрастные	Приспевающие	Спелые и перестойные
Сосна	1	0,469	0,363	0,339	0,353
	2	0,387	0,327	0,317	0,311
	3	0,370	0,318	0,314	0,321
Ель	1	0,495	0,414	0,414	0,395
	2	0,475	0,369	0,364	0,370
	3	0,427	0,347	0,342	0,342
Пихта	1-3	0,374	0,282	0,270	0,270
Лиственница	1	0,515	0,497	0,483	0,466
	2	0,499	0,462	0,458	0,448
	3	0,499	0,372	0,352	0,380
Кедр	1-3	0,424	0,337	0,331	0,337
Дуб высокоствольный	1-3	0,579	0,480	0,481	0,493
Дуб низкоствольный	1-3	0,724	0,535	0,501	0,486
Каменная береза	1-3	0,795	0,541	0,563	0,636
Прочие твердолиственные	1-3	0,583	0,501	0,508	0,520
Береза	1	0,564	0,485	0,452	0,442
	2	0,504	0,423	0,398	0,396
	3	0,470	0,401	0,382	0,379
Осина, тополь	1-3	0,430	0,364	0,340	0,328
Прочие мягколиственные	1-3	0,406	0,363	0,330	0,339
Кедровый стланик	1-3	0,700	0,766	0,833	0,999

Примечание: *Зоны: 1 – северная тайга, 2 – средняя тайга, 3 – южная тайга и более южные климатические зоны. Для перевода фитомассы в углеродные единицы использованы данные из работы (Thomas, Martin, 2012)*

Завершающим этапом расчета запасов углерода для рассматриваемого пула является суммирование по возрастным группам с получением суммарного значения для данной преобладающей породы, и дальнейшее суммирование по преобладающим породам с получением суммарного значения для рассматриваемого объекта (лесничества, административного района, субъекта Федерации).

Расчет абсорбции углерода пулом фитомассы

Метод оценки поглощения углерода пулом фитомассы по данным ГЛР (в то время ГУЛФ) был предложен в работе (Исаев и др., 1993). Сначала рассчитываются средние на единицу площади значения запасов углерода фитомассы в последовательных возрастных группах (уравнение 6.2). Далее, с использованием информации по временным интервалам пребывания насаждений в данной возрастной группе (табл. 6.17), оценивается средняя годичная абсорбция углерода пулом фитомассы в данной группе (уравнение 6.3). Суммарное значение абсорбции углерода пулом фитомассы в данной возрастной группе преобладающей породы равно произведению среднего годичного значения на соответствующую площадь (уравнение 6.4). Средняя годичная абсорбция углерода пулом фитомассы перестойных насаждений рассчитывается как разница между средним запасом углерода на единицу площади перестойных и спелых насаждений, деленная на временной интервал перестойных насаждений.

Таблица 6.17

Временные интервалы возрастных групп насаждений преобладающих пород

Преобладающая порода	Зона	Временной интервал возрастной группы, лет					
		Молодняки 1 класса возраста	Молодняки 2 класса возраста	Средневозрастные	Приспевающие	Спелые	Перестойные
Сосна	1	20	20	40	20	40	40
	2	20	20	40	20	40	40
	3	20	20	20	20	40	40
Ель	1	20	20	40	20	40	40
	2	20	20	40	20	40	40
	3	20	20	20	20	40	40
Пихта	1	20	20	20	20	40	40
	2	20	20	20	20	40	40
	3	20	20	20	20	40	40
Лиственница	1	20	20	60	20	40	40
	2	20	20	60	20	40	40
	3	20	20	40	20	40	40
Кедр	1	40	40	120	40	80	80
	2	40	40	120	40	80	80
	3	40	40	120	40	80	80
Дуб высокоствольный	1	20	20	40	20	40	40
	2	20	20	40	20	40	40
	3	20	20	20	20	40	40
Дуб низкоствольный	1	10	10	30	10	20	20
	2	10	10	30	10	20	20
	3	10	10	30	10	20	20
Прочие твердолиственные	1	20	20	40	20	40	40
	2	20	20	40	20	40	40
	3	20	20	20	20	40	40
Мягколиственные	1	10	10	30	10	20	20
	2	10	10	30	10	20	20
	3	10	10	30	10	20	20
Кедровый стланик	1	20	20	60	20	40	40
	2	20	20	60	20	40	40
	3	20	20	60	20	40	40
Прочие кустарники	1	5	5	10	5	10	10
	2	5	5	10	5	10	10
	3	5	5	10	5	10	10

Расчет абсорбции углерода пулом фитомассы ведется по совокупности уравнений 6.2-6.4:

$$MCP_{ij} = CP_{ij} / S_{ij} \quad (6.2)$$

$$MAbP_{ij} = [(MCP_{ij} – MCP_{i-1j}) / (TI_{i-1j} + TI_{ij}) + (MCP_{i+1j} – MCP_{ij}) / (TI_{ij} + TI_{i+j})] \quad (6.3)$$

$$AbP_{ij} = S_{ij} \cdot MAbP_{ij} \quad (6.4)$$

где: MCP_{ij} – средний запас углерода фитомассы насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С $га^{-1}$;

CP_{ij} – запас углерода фитомассы насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С;

S_{ij} – площадь насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, га;

$MAbP_{ij}$ – средняя годичная абсорбция углерода пулом фитомассы насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С $га^{-1}$ $год^{-1}$;

MCP_{i-1j} – средний запас углерода фитомассы насаждений возрастной группы i-1 (предшествующая возрастной группе i) преобладающей породы j, т С $га^{-1}$;

TI_{ij} – временной интервал возрастной группы i преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

TI_{i-1j} – временной интервал возрастной группы i-1 преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

MCP_{i+1j} – средний запас углерода фитомассы насаждений возрастной группы i+1 (следующая за возрастной группой i) преобладающей породы j, т С $га^{-1}$;

TI_{i+j} – временной интервал возрастной группы i+1 преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

AbP_{ij} – годичная абсорбция углерода пулом фитомассы насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С $год^{-1}$.

Оценка потерь углерода в пуле фитомассы. Помимо абсорбции углерода, в лесном фонде происходят и потери углерода, связанные с различными нарушениями лесного покрова, среди которых наибольшее значение имеют рубки и пожары. Материалы ГЛР (ГУЛФ) не содержат информации о годичных масштабах нарушений, однако включают суммарные оценки образовавшихся в результате рубок, пожаров и прочих нарушений площадей временно не покрытых лесом земель (вырубки, гари, погибшие насаждения). При известных временах зарастания вырубок и гарей можно оценить годичные темпы нарушений. Времена зарастания (табл. 6.18) были оценены путем сравнения статистических данных по масштабам нарушений и площадей вырубок и гарей из материалов ГУЛФ и ГЛР. *Оценка средних годичных темпов нарушений* в лесном фонде оцениваемого объекта осуществляется по уравнениям 6.5 и 6.6.

$$ASF = SB / TRB \quad (6.5)$$

где: ASF – годичная площадь деструктивных лесных пожаров, га $год^{-1}$;
SB – площадь гарей (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га;
TRB – время зарастания гарей (табл. 6.16), лет.

$$ASH = SC / TRC \quad (6.6)$$

где: ASH – годичная площадь сплошных рубок, га $год^{-1}$;
SC – площадь вырубок (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га;
TRC – время зарастания вырубок (табл. 6.16), лет.

В материалах ГЛР и ГУЛФ для площадей вырубок и гарей приводятся лишь суммарные значение по оцениваемому объекту (лесничество или лесхоз, субъект Федерации). Поэтому оценка потерь углерода лесами при сплошных рубках проводится по средним значениям углеродных пулов для всех спелых лесов (то есть тех, в которых проводятся рубки) оцениваемого объекта.

Таблица 6.18

Времена зарастания вырубок и гарей по субъектам Российской Федерации

Субъект РФ	Время зарастания, лет	
	вырубки	гари
Центральный федеральный округ		
Белгородская область	4	8
Брянская область	4	9
Владимирская область	4	9
Воронежская область	4	8
Ивановская область	5	9
Калужская область	4	9
Костромская область	5	10
Курская область	5	10
Липецкая область	4	9
Московская область	5	10
Орловская область	3	6
Рязанская область	5	9
Смоленская область	4	9
Тамбовская область	3	7
Тверская область	5	9
Тульская область	4	8
Ярославская область	5	10
Северо-Западный федеральный округ		
Республика Карелия	7	14
Республика Коми	6	13
Архангельская область	6	13
Вологодская область	6	11
Калининградская область	4	8
Ленинградская область	6	11
Мурманская область	9	17
Новгородская область	6	11
Псковская область	5	11
Ненецкий автономный округ	6	13
Южный федеральный округ		
Республика Адыгея	3	7
Республика Калмыкия	3	5
Краснодарский край	3	7
Астраханская область	3	5
Волгоградская область	3	5
Ростовская область	2	5
Республика Крым	3	7
Северо-Кавказский федеральный округ		
Республика Дагестан	5	10
Республика Ингушетия	7	13
Кабардино-Балкарская Республика	4	8
Карачаево-Черкесская Республика	4	8
Республика Северная Осетия-Алания	4	7
Чеченская Республика	7	13
Ставропольский край	3	6

Продолжение таблицы 6.18

Субъект РФ	Время зарастания, лет	
	вырубки	гари
Приволжский федеральный округ		
Республика Башкортостан	5	10
Республика Марий Эл	5	10
Республика Мордовия	4	9
Республика Татарстан	4	9
Удмуртская Республика	5	10
Чувашская Республика	4	9
Кировская область	6	11
Нижегородская область	4	9
Оренбургская область	4	7
Пензенская область	4	8
Самарская область	4	8
Саратовская область	3	6
Ульяновская область	4	8
Пермский край (в границах бывш. Пермской области)	7	13
Пермский край (Коми-Пермяцкий округ)	6	13
Уральский федеральный округ		
Курганская область	5	10
Свердловская область	6	11
Тюменская область	7	13
Челябинская область	5	9
Ханты-Мансийский автономный округ	6	13
Ямало-Ненецкий автономный округ	6	13
Сибирский федеральный округ		
Республика Алтай	6	12
Республика Тыва	2	5
Республика Хакасия	2	5
Алтайский край	6	12
Красноярский край	6	13
Иркутская область	6	11
Иркутская область (Усть-Ордынский Бурятский округ)	6	13
Кемеровская область	6	13
Новосибирская область	5	10
Омская область	5	11
Томская область	6	11
Дальневосточный федеральный округ		
Республика Бурятия	6	13
Республика Саха (Якутия)	6	13
Приморский край	2	3
Хабаровский край	6	13
Амурская область	5	10
Забайкальский край (в границах бывш.Читинской обл.)	6	11
Забайкальский край (Агинский Бурятский округ)	6	13
Камчатский край	8	17
Магаданская область	7	14
Сахалинская область	8	15
Еврейская автономная область	6	13
Чукотский автономный округ	7	14

Расчет потерь пула фитомассы при сплошных рубках осуществляется по уравнению (6.7):

$$LsPH = ASH \cdot CP_m / S_m \quad (6.7)$$

где: LsPH – годичные потери углерода пулом фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год$^{-1}$;
ASH – годичная площадь сплошных рубок, га год$^{-1}$;
CP_m – суммарный запас углерода фитомассы спелых лесов оцениваемого объекта, т С;
S_m – суммарная площадь спелых лесов оцениваемого объекта (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га.

Поскольку пожары могут охватывать лесные насаждения любого возраста, для оценки потерь пула фитомассы используются средние значения по всем лесам оцениваемого объекта. Расчет потерь пула фитомассы при пожарах осуществляется по уравнению (6.8):

$$LsPF = ASF \cdot CP_a / S_a \quad (6.8)$$

где: LsPF – годичные потери углерода пулом фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при пожарах, т С год$^{-1}$;
ASF – годичная площадь деструктивных лесных пожаров, га год$^{-1}$;
CP_a – суммарный запас углерода фитомассы на покрытых лесом землях оцениваемого объекта, т С;
S_a – суммарная площадь покрытых лесом земель оцениваемого объекта (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га.

Расчет бюджета углерода по пулу фитомассы. Годичный бюджет по пулу углерода фитомассы рассчитывается для покрытых лесом земель по разности абсорбции и потерь (уравнения 6.9).

$$BP = AbP - LsPH - LsPF \quad (6.9)$$

где: BP – годичный бюджет углерода по пулу фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;
AbP – годичная абсорбция углерода пулом фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;
LsPH – годичные потери углерода пулом фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год$^{-1}$;
LsPF – годичные потери углерода пулом фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при деструктивных лесных пожарах, т С год$^{-1}$.

Оценка изменений запасов углерода в пуле мертвой древесины

Расчет запасов углерода в мертвой древесине (валеж и сухостой). Отмирание деревьев (отпад) является естественным процессом и отмечается в течение всего периода развития древостоя. Разложение крупных древесных остатков в климатических условиях России идет достаточно медленно, поэтому наличие значительного углеродного пула мертвой древесины следует рассматривать как непременное свойство российских лесов. В настоящей методике использованы результаты детального исследования динамики запасов мертвой древесины в лесных экосистемах (Замолодчиков, 2009), осуществленного при помощи математического моделирования. Результаты моделирования позволили рассчитать значения конверсионных коэффициентов для оценки запасов углерода в мертвой древесине по объемным запасам древесины (табл. 6.18). *Расчет запаса углерода в мертвой древесине* по группам возраста преобладающих пород в пределах оцениваемого объекта ведется по уравнению (6.10):

$$CD_{ij} = V_{ij} \cdot KD_{ij} \quad (6.10)$$

где: CD_{ij} – запас углерода в мертвой древесине насаждений группы возраста i преобла дающей породы j, т С;

V_{ij} – объемный запас стволовой древесины насаждений группы возраста i преобладающей породы j, $м^3$ (по данным ГЛР);

KD_{ij} – конверсионный коэффициент для расчета запаса углерода в мертвой насаждений группы возраста i преобладающей породы j, т С $м^{-3}$ (приведены в таблице 6.19).

Таблица 6.19

Конверсионные коэффициенты (т С $м^{-3}$) для расчета запаса углерода в мертвой древесине по объемному запасу древесины лесного насаждения

Преобладающая порода	Макрорегион	Зона	Группа возраста					
			молодняки 1 класса возраста	молодняки 2 класса возраста	средневозрастные	приспевающие	спелые	перестойные
Сосна	1	1	0,0797	0,1075	0,1095	0,1073	0,1196	0,0592
	1	2	0,0685	0,0966	0,1126	0,1228	0,1202	0,0780
	1	3	0,0579	0,0808	0,0962	0,1119	0,1073	0,0973
	2	1	0,0808	0,1187	0,1210	0,1147	0,0959	0,0698
	2	2	0,0755	0,1077	0,1322	0,1167	0,1033	0,0687
	2	3	0,0726	0,0974	0,1240	0,1379	0,1291	0,0829
	3	1	0,0773	0,0986	0,1099	0,1015	0,0797	0,0526
	3	2	0,0613	0,0868	0,1073	0,1128	0,0972	0,0566
	3	3	0,0618	0,0886	0,1026	0,1053	0,0977	0,0716
	4	1	0,0740	0,0982	0,1012	0,0981	0,0824	0,0491
	4	2	0,0616	0,0928	0,1041	0,0960	0,0708	0,0520
	4	3	0,0605	0,0875	0,1437	0,1179	0,0989	0,0524
Ель	1	1	0,0332	0,0993	0,1530	0,1513	0,1288	0,0664
	1	2	0,0291	0,0859	0,1473	0,1567	0,1280	0,0759
	1	3	0,0318	0,0916	0,1115	0,1445	0,1362	0,0995
	2	1	0,0340	0,1057	0,1625	0,1808	0,0885	0,0909
	2	2	0,0306	0,0927	0,1479	0,1604	0,0943	0,0748
	2	3	0,0361	0,1104	0,1184	0,1492	0,1008	0,1231
	3	1	0,0322	0,0918	0,1471	0,1271	0,0372	0,0644
	3	2	0,0281	0,0852	0,1431	0,1691	0,0415	0,0702
	3	3	0,0358	0,0994	0,1158	0,1378	0,0726	0,0883
	4	1	0,0324	0,0933	0,1480	0,1582	0,0298	0,0586
	4	2	0,0284	0,0830	0,1387	0,1517	0,0569	0,0665
	4	3	0,0357	0,1029	0,1113	0,1463	0,0734	0,0779
Пихта	1	1	0,0320	0,1023	0,0914	0,1174	0,1016	0,0528
	1	2	0,0270	0,0778	0,0983	0,1246	0,1110	0,0658
	1	3	0,0246	0,0660	0,0831	0,1050	0,0684	0,0533
	2	1	0,0305	0,0919	0,0771	0,1241	0,0210	0,0516
	2	2	0,0284	0,0831	0,0908	0,0869	0,0103	0,0543
	2	3	0,0258	0,0755	0,0971	0,1151	0,0725	0,0685
	3	1	0,0305	0,0919	0,0771	0,1241	0,0303	0,0521
	3	2	0,0253	0,0731	0,0874	0,1062	0,0594	0,0633
	3	3	0,0248	0,0756	0,0821	0,1059	0,0695	0,0623
	4	1	0,0305	0,0800	0,1004	0,1174	0,0699	0,0587
	4	2	0,0270	0,0803	0,0918	0,1292	0,1123	0,0876
	4	3	0,0265	0,0735	0,0976	0,1206	0,0884	0,0601

Продолжение таблица 6.19

Преобладающая порода	Макрорегион	Зона	Группа возраста					
			молодняки 1 класса возраста	молодняки 2 класса возраста	средневозрастные	приспевающие	спелые	перестойные
Лиственница	1	1	0,0290	0,0744	0,1108	0,1159	0,1140	0,0689
	1	2	0,0265	0,0451	0,1181	0,1398	0,1178	0,0891
	1	3	0,0282	0,0397	0,0852	0,1211	0,1231	0,0926
	2	1	0,0279	0,0627	0,1260	0,1397	0,0650	0,0961
	2	2	0,0246	0,0410	0,1137	0,1211	0,0437	0,0675
	2	3	0,0227	0,0395	0,0770	0,0970	0,0428	0,0588
	3	1	0,0263	0,0627	0,1010	0,0935	0,0439	0,0602
	3	2	0,0232	0,0444	0,1159	0,1341	0,0494	0,0686
	3	3	0,0249	0,0438	0,0822	0,0955	0,0617	0,0718
	4	1	0,0265	0,0568	0,1069	0,0946	0,0501	0,0709
	4	2	0,0225	0,0424	0,0955	0,1001	0,0461	0,0579
	4	3	0,0225	0,0389	0,0849	0,1052	0,0582	0,0738
Сосна кедровая	1	1	0,0000	0,0937	0,0318	0,0278	0,0268	0,0198
	1	2	0,1532	0,1369	0,0515	0,0414	0,0341	0,0335
	1	3	0,1631	0,1189	0,0389	0,0388	0,0339	0,0287
	2	1	0,1545	0,0937	0,0322	0,0213	0,0205	0,0256
	2	2	0,1589	0,1638	0,0599	0,0473	0,0385	0,0328
	2	3	0,1548	0,1189	0,0485	0,0388	0,0339	0,0287
	3	1	0,1449	0,0693	0,0269	0,0177	0,0132	0,0193
	3	2	0,1544	0,1299	0,0709	0,0539	0,0278	0,0367
	3	3	0,1434	0,0812	0,0336	0,0209	0,0239	0,0276
	4	1	0,1486	0,0850	0,0305	0,0213	0,0183	0,0215
	4	2	0,1479	0,1351	0,0659	0,0324	0,0268	0,0269
	4	3	0,1492	0,1581	0,0497	0,0305	0,0274	0,0362
Дуб высокоствольный	1	2	0,0734	0,0846	0,0613	0,0765	0,0648	0,0612
	1	3	0,0734	0,0846	0,0639	0,0725	0,0648	0,0612
	4	2	0,0691	0,0935	0,0786	0,0755	0,0473	0,0457
	4	3	0,0640	0,0719	0,0701	0,0665	0,0425	0,0438
Дуб низкоствольный	1	2	0,0383	0,0618	0,1025	0,1750	0,0900	0,1336
	1	3	0,0383	0,0618	0,0856	0,1071	0,1128	0,1292
	4	2	0,0679	0,1064	0,1698	0,2017	0,1436	0,1246
	4	3	0,0426	0,0621	0,1414	0,1797	0,1278	0,1300
Каменная береза	4	1	0,0581	0,1140	0,1154	0,1187	0,0703	0,0984
	4	2	0,0666	0,0956	0,1195	0,1204	0,0526	0,0782
	4	3	0,0726	0,0952	0,1212	0,1107	0,0375	0,0736
Прочие твердолиственные	1	2	0,0223	0,1045	0,1001	0,0733	0,0135	0,0342
	1	3	0,0912	0,1141	0,0860	0,0733	0,0279	0,0342
	2	3	0,0199	0,0801	0,0564	0,0781	0,0178	0,0158
	4	2	0,0199	0,0763	0,0722	0,0519	0,0211	0,0158
	4	3	0,0211	0,0795	0,0703	0,0550	0,0157	0,0141
Береза	1	1	0,0240	0,0406	0,0741	0,0633	0,0629	0,0562
	1	2	0,0256	0,0371	0,0726	0,0678	0,0590	0,0539
	1	3	0,0187	0,0300	0,0650	0,0717	0,0646	0,0542
	2	1	0,0241	0,0480	0,0778	0,0655	0,0464	0,0601
	2	2	0,0253	0,0377	0,0717	0,0666	0,0105	0,0376
	2	3	0,0247	0,0360	0,0688	0,0686	0,0218	0,0426
	3	1	0,0242	0,0540	0,0735	0,0776	0,0293	0,0550
	3	2	0,0245	0,0394	0,0725	0,0613	0,0290	0,0453
	3	3	0,0212	0,0337	0,0657	0,0626	0,0361	0,0432
	4	1	0,0241	0,0460	0,0718	0,0709	0,0465	0,0584
	4	2	0,0242	0,0385	0,0687	0,0597	0,0416	0,0447
	4	3	0,0246	0,0404	0,0640	0,0648	0,0390	0,0407

Продолжение таблица 6.19

Преобладающая порода	Макрорегион	Зона	Группа возраста					
			молодняки 1 класса возраста	молодняки 2 класса возраста	средневозрастные	приспевающие	спелые	перестойные
Осина	1	1	0,0249	0,0554	0,0738	0,0610	0,0372	0,0291
	1	2	0,0223	0,0590	0,0846	0,0735	0,0459	0,0320
	1	3	0,0225	0,0585	0,0830	0,0801	0,0530	0,0346
	2	1	0,0225	0,0494	0,0767	0,0431	0,0053	0,0248
	2	2	0,0225	0,0612	0,0794	0,0613	0,0006	0,0297
	2	3	0,0223	0,0586	0,0824	0,0778	0,0163	0,0305
	3	1	0,0215	0,0611	0,0656	0,0648	0,0048	0,0201
	3	2	0,0216	0,0569	0,0700	0,0609	0,0149	0,0290
	3	3	0,0219	0,0566	0,0734	0,0682	0,0209	0,0322
	4	1	0,0216	0,0557	0,0811	0,0539	0,0181	0,0246
	4	2	0,0218	0,0600	0,0700	0,0627	0,0267	0,0285
	4	3	0,0218	0,0591	0,0735	0,0719	0,0279	0,0294
Прочие мягко-лиственные	1	1	0,0230	0,0562	0,0864	0,0739	0,0661	0,0315
	1	2	0,0128	0,0256	0,0403	0,0617	0,0596	0,0589
	1	3	0,0153	0,0390	0,0478	0,0690	0,0578	0,0441
	2	1	0,0230	0,0555	0,0514	0,0681	0,0083	0,0200
	2	2	0,0230	0,0572	0,0648	0,0579	0,0404	0,0411
	2	3	0,0230	0,0670	0,0506	0,0580	0,0273	0,0335
	3	2	0,0226	0,0592	0,0764	0,0629	0,0127	0,0312
	3	3	0,0262	0,0754	0,0784	0,0595	0,0158	0,0246
	4	1	0,0254	0,0712	0,0776	0,0762	0,0403	0,0296
	4	2	0,0249	0,0706	0,0815	0,0685	0,0305	0,0319
	4	3	0,0169	0,0411	0,0534	0,0459	0,0301	0,0392
Кедровый стланик	3	2	0,0506	0,1026	0,1813	0,2206	0,2870	0,1958
	4	1	0,0490	0,1112	0,1695	0,2067	0,2112	0,2299
	4	2	0,0495	0,0997	0,1718	0,1953	0,2299	0,2667
	4	3	0,0495	0,0609	0,1741	0,2027	0,2737	0,2869
Прочие кустарники	1	1	0,0143	0,0396	0,0973	0,0118	0,0147	0,0254
	1	3	0,0174	0,0570	0,0605	0,0545	0,0215	0,0196
	2	1	0,0143	0,0396	0,0973	0,0677	0,0489	0,0254
	2	2	0,0180	0,0538	0,0718	0,0396	0,0091	0,0128
	2	3	0,0177	0,0534	0,0443	0,1089	0,0021	0,0184
	3	1	0,0143	0,0367	0,1227	0,0611	0,0239	0,0253
	3	2	0,0180	0,0538	0,0718	0,0396	0,0381	0,0299
	3	3	0,0143	0,0380	0,0593	0,0395	0,0294	0,0206
	4	1	0,0174	0,0543	0,0687	0,0519	0,0425	0,0338
	4	2	0,0172	0,0453	0,0444	0,1133	0,0601	0,0254

Примечание: *Макрорегионы: 1 – Европейско-Уральская часть, 2 – Западная Сибирь, 3 – Восточная Сибирь, 4 – Дальний Восток; зоны: 1 – северная тайга, 2 – средняя тайга, 3 – южная тайга и более южные климатические зоны. Отсутствие коэффициентов по ряду пород для некоторых зонально-региональных полигонов связано с отсутствием насаждений данной породы в этом полигоне.*

Расчет абсорбции углерода пулом мертвой древесины аналогичен таковому для пула фитомассы и ведется по совокупности уравнений 6.11-6.13.

$$MCD_{ij} = CD_{ij} / S_{ij} \quad (6.11)$$

$$MAbD_{ij} = [(MCD_{ij} – MCD_{i-1j}) TI_{ij} / (TI_{i-1j} + TI_{ij}) + (MCD_{i+1j} – MCD_{ij}) TI_{ij}/ (TI_{ij} + TI_{i+j})] / TI_{ij} \quad (6.12)$$

$$AbD_{ij} = S_{ij}MAbD_{ij} \quad (6.13)$$

где: MCD_{ij} – средний запас углерода мертвой древесины насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С $га^{-1}$;

CD_{ij} – запас углерода мертвой древесины насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С;

S_{ij} – площадь насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, га;

$MAbD_{ij}$ – средняя годичная абсорбция углерода пулом мертвой древесины насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С $га^{-1}$ $год^{-1}$;

MCD_{i-1j} – средний запас углерода мертвой древесины насаждений возрастной группы i-1 (предшествующая возрастной группе i) преобладающей породы j, т С $га^{-1}$;

TI_{ij} – временной интервал возрастной группы i преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

TI_{i-1j} – временной интервал возрастной группы i-1 преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

MCD_{i+1j} – средний запас углерода мертвой древесины насаждений возрастной группы i+1 (следующая за возрастной группой i) преобладающей породы j, т С $га^{-1}$;

TI_{i+j} – временной интервал возрастной группы i+1 преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

AbD_{ij} – годичная абсорбция углерода пулом мертвой древесины насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С $год^{-1}$.

Средняя годичная абсорбция углерода пулом мертвой древесины перестойных насаждений рассчитывается как разница между средним запасом углерода на единицу площади перестойных и спелых насаждений, деленная на временной интервал перестойных насаждений.

Расчет годичных потерь углерода пулом мертвой древесины аналогичен таковому для пула фитомассы и ведется по уравнениям (6.14) и (6.15):

$$LsDH = ASH\ CD_m / S_m \quad (6.14)$$

где: LsDH – годичные потери углерода пулом мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С $год^{-1}$;

ASH – годичная площадь сплошных рубок, га $год^{-1}$;

CD_m – суммарный запас углерода мертвой древесины спелых лесов оцениваемого объекта, т С;

S_m – суммарная площадь спелых лесов оцениваемого объекта (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га.

$$LsDF = ASF\ CD_a / S_a \quad (6.15)$$

где: LsDF – годичные потери углерода пулом мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта при пожарах, т С $год^{-1}$;

ASF – годичная площадь деструктивных лесных пожаров, га $год^{-1}$;

CD_a – суммарный запас углерода мертвой древесины на покрытых лесом землях оцениваемого объекта, т С;

S_a – суммарная площадь покрытых лесом земель оцениваемого объекта (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га.

Расчет бюджета углерода по пулу мертвой древесины. Годичный бюджет по пулу углерода мертвой древесины рассчитывается для покрытых лесом земель по разности абсорбции и потерь (уравнение 6.16).

$$BD = AbD - LsDH - LsDF \quad (6.16)$$

где: BD – годичный бюджет углерода по пулу мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

AbD – годичная абсорбция углерода пулом мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

LsDH – годичные потери углерода пулом мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год$^{-1}$;

LsDF – годичные потери углерода пулом мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта при деструктивных лесных пожарах, т С год$^{-1}$.

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 зонально-региональных полигонов. 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 можно принять равной 20 годам (МГЭИК, 2003). В данных ГЛР лесные насаждения, находящиеся в переходном состоянии к стабильным высоким запасам углерода подстилки и почвы, соответствуют возрастным группам молодняков. При этом продолжительность пребывания лесного насаждения в возрастных группах молодняков определяется длительностью возрастного класса, которая, в зависимости от преобладающей породы, может составлять 10 либо 20 лет. Если длительность возрастного класса 10 лет (мягколиственные породы), то насаждениями в возрасте до 20 лет будут молодняки 1 и 2 класса возраста, если класс возраста равен 20 годам (хвойные за исключением кедра и твердолиственные) – только 1 класса возраста. Таким образом, эталонные средние запасы углерода подстилки должны быть определены специфично к возрастным группам молодняков 1 класса возраста, 2 класса возраста и совокупности более старших групп возраста лесных насаждений. Эти средние значения были найдены по данным работ (Замолодчиков и др., 2007; Честных и др., 2007) и приведены в таблицах 6.20, 6.21, 6.22.

Расчет запаса углерода в подстилке насаждений преобладающих пород в пределах субъекта Федерации по уравнению (6.17):

$$CL_{ij} = S_{ij}\, KL_{ij} \quad (6.17)$$

где: CL_j– запас углерода в подстилке насаждений группы возраста i преобладающей породы j, т С;

S_j – площадь насаждений группы возраста i преобладающей породы j, га (по данным ГЛР);

KL_j – средний запас углерода в подстилке насаждений группы возраста i преобладающей породы j, т С га$^{-1}$ (приведены в таблицах 6.20, 6.21, 6.22).

Таблица 6.20

Средние значения запаса углерода подстилки (т С га$^{-1}$) в молодняках 1 класса возраста преобладающих древесных пород

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
Сосна	1	11,4	2,6	7,0	1,7
	2	14,2	20,0	4,3	4,3
	3	7,4	6,4	5,5	5,5
Ель	1	13,0	12,7	12,7	12,7
	2	8,8	8,8	8,8	7,7
	3	9,0	7,4	8,2	5,4
Пихта	1	3,6	3,6	3,6	3,6
	2	3,6	3,6	3,6	3,6
	3	5,1	5,1	5,1	5,1
Лиственница	1	13,7	13,7	10,6	4,9
	2	6,0	6,0	6,0	6,0
	3	4,5	4,5	4,5	4,5
Кедр	1	5,5	5,5	5,5	1,8
	2	7,1	7,1	7,1	7,1
	3	2,8	2,8	2,8	3,9
Твердолиственные	1	4,5	4,5	4,5	3,9
	2	4,5	4,5	4,5	3,9
	3	4,5	4,5	4,5	3,9
Береза	1	14,7	2,7	2,7	2,7
	2	10,1	2,4	2,4	2,4
	3	4,6	4,6	2,1	4,8
Осина	1	7,6	7,6	7,6	7,6
	2	7,6	7,6	7,6	7,6
	3	3,6	3,6	1,9	1,9
Прочие мягколиственные	1	5,0	5,0	5,0	5,0
	2	5,0	5,0	5,0	5,0
	3	5,0	5,0	5,0	5,0
Кедровый стланик	1	1,6	1,6	1,6	1,6
	2	1,6	1,6	1,6	1,6
	3	1,6	1,6	1,6	1,6

Таблица 6.21

Средние значения запаса углерода подстилки (т С га$^{-1}$) в молодняках 2 класса возраста преобладающих древесных пород

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
Сосна	1	13,8	3,2	8,5	2,1
	2	17,2	24,2	5,2	5,2
	3	9,0	7,7	6,6	6,6
Ель	1	15,7	15,4	15,4	15,4
	2	10,6	10,6	10,6	9,4
	3	10,9	8,9	9,9	6,5
Пихта	1	4,4	4,4	4,4	4,4
	2	4,4	4,4	4,4	4,4
	3	6,2	6,2	6,2	6,2
Лиственница	1	16,5	16,5	12,8	5,9
	2	7,3	7,3	7,3	7,3
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
Кедр	1	6,7	6,7	6,7	2,1
	2	8,6	8,6	8,6	8,6
	3	3,4	3,4	3,4	4,8

Продолжение таблицы 6.21

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
Твердолиственные	1	5,4	5,4	5,4	4,7
	2	5,4	5,4	5,4	4,7
	3	5,4	5,4	5,4	4,7
Береза	1	18,1	3,4	3,4	3,4
	2	12,4	3,0	3,0	3,0
	3	5,6	5,6	2,6	5,9
Осина	1	9,4	9,4	9,4	9,4
	2	9,4	9,4	9,4	9,4
	3	4,4	4,4	2,4	2,4
Прочие мягколиственные	1	6,1	6,1	6,1	6,1
	2	6,1	6,1	6,1	6,1
	3	6,1	6,1	6,1	6,1
Кедровый стланик	1	2,0	2,0	2,0	2,0
	2	2,0	2,0	2,0	2,0
	3	2,0	2,0	2,0	2,0

Таблица 6.22

Средние значения запаса углерода подстилки (т С га$^{-1}$) в средневозрастных и более старших группах возраста преобладающих древесных пород

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
Сосна	1	13,8	3,2	8,5	2,1
	2	17,2	24,2	5,2	5,2
	3	9,0	7,7	6,6	6,6
Ель	1	15,7	15,4	15,4	15,4
	2	10,6	10,6	10,6	9,4
	3	10,9	8,9	9,9	6,5
Пихта	1	4,4	4,4	4,4	4,4
	2	4,4	4,4	4,4	4,4
	3	6,2	6,2	6,2	6,2
Лиственница	1	16,5	16,5	12,8	5,9
	2	7,3	7,3	7,3	7,3
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
Кедр	1	6,7	6,7	6,7	2,1
	2	8,6	8,6	8,6	8,6
	3	3,4	3,4	3,4	4,8
Твердолиственные	1	5,4	5,4	5,4	4,7
	2	5,4	5,4	5,4	4,7
	3	5,4	5,4	5,4	4,7
Береза	1	19,8	3,7	3,7	3,7
	2	13,6	3,3	3,3	3,3
	3	6,2	6,2	2,9	6,5
Осина	1	10,3	10,3	10,3	10,3
	2	10,3	10,3	10,3	10,3
	3	4,9	4,9	2,6	2,6
Прочие мягколиственные	1	6,7	6,7	6,7	6,7
	2	6,7	6,7	6,7	6,7
	3	6,7	6,7	6,7	6,7
Кедровый стланик	1	2,0	2,0	2,0	2,0
	2	2,0	2,0	2,0	2,0
	3	2,0	2,0	2,0	2,0

Расчет абсорбции углерода пулом подстилки. На непокрытых лесом землях (вырубки, гари, погибшие насаждения) присутствуют запасы подстилки, образованные опадом быстро восстанавливающейся недревесной растительности, поэтому, в отличие от фитомассы древостоя и мертвой древесины, накопление запасов углерода подстилки начинается не с нуля, а с начальных значений («нулевая» возрастная группа), представленных в таблице 6.23. Предполагается, что время достижения стабильных значений пула подстилки равно 20 годам, таким образом, поглощение этим пулом присутствует у хвойных, твердолиственных, прочих пород и кедрового стланика в молодняках 1 класса возраста, у мягколиственных пород и прочих кустарниках – в молодняках 1 и 2 класса возраста. Для выполнения указанного условия введены ограничения к уравнению 6.18.

Таблица 6.23

Средние значения запаса углерода подстилки (т С га$^{-1}$) для 0-й возрастной группы (временно не покрытые лесом земли) по преобладающим древесным породам

Преобладающая порода	**Зона**	**Макрорегион**			
		1	**2**	**3**	**4**
Сосна	1	8,9	2,1	5,5	1,3
	2	11,1	15,6	3,3	3,3
	3	5,8	5,0	4,2	4,2
Ель	1	10,1	9,9	9,9	9,9
	2	6,8	6,8	6,8	6,0
	3	7,0	5,7	6,3	4,2
Пихта	1	2,8	2,8	2,8	2,8
	2	2,8	2,8	2,8	2,8
	3	4,0	4,0	4,0	4,0
Лиственница	1	10,6	10,6	8,2	3,8
	2	4,7	4,7	4,7	4,7
	3	3,5	3,5	3,5	3,5
Кедр	1	4,3	4,3	4,3	1,4
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	2,2	2,2	2,2	3,1
Твердолиственные	1	3,5	3,5	3,5	3,0
	2	3,5	3,5	3,5	3,0
	3	3,5	3,5	3,5	3,0
Береза	1	12,7	2,4	2,4	2,4
	2	8,7	2,1	2,1	2,1
	3	4,0	4,0	1,8	4,2
Осина	1	6,6	6,6	6,6	6,6
	2	6,6	6,6	6,6	6,6
	3	3,1	3,1	1,7	1,7
Прочие мягколиственные	1	4,3	4,3	4,3	4,3
	2	4,3	4,3	4,3	4,3
	3	4,3	4,3	4,3	4,3
Кедровый стланик	1	1,3	1,3	1,3	1,3
	2	1,3	1,3	1,3	1,3
	3	1,3	1,3	1,3	1,3

Абсорбция углерода пулом подстилки рассчитывается по совокупности уравнений 6.18-6.19.

$$MAbL_{ij} = [(MCL_{ij} - MCL_{i-1j})\ TI_{ij} / (TI_{i-1j} + TI_{ij}) + (MCL_{i+1j} - MCL_{ij})\ TI_{ij} / (TI_{ij} + TI_{i+1j})] / TI_{ij} \quad (6.18)$$

при i-1=0 $TI_{i-1j}=0$; при любых i+1, начало которых ≥ 20 лет, $TI_{i+1j}=0$

$$AbL_{ij} = S_{ij}MabL_{ij} \quad (6.19)$$

где: MCL_{ij} – средний запас углерода подстилки насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С $га^{-1}$ (табл. 6.19-6.21);

S_{ij} – площадь насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, га;

$MabL_{ij}$ – средняя годичная абсорбция углерода пулом подстилки насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С $га^{-1}$ $год^{-1}$;

MCL_{i-1j} – средний запас углерода подстилки насаждений возрастной группы i-1 (предшествующая возрастной группе i) преобладающей породы j, т С $га^{-1}$ (табл. 6.19-6.21, для i=0 – табл. 6.17);

TI_{i-1j} – временной интервал возрастной группы i-1 преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

MCL_{i+1j} – средний запас углерода подстилки насаждений возрастной группы i+1 (следующая за возрастной группой i) преобладающей породы j, т С $га^{-1}$ (табл. 6.20-6.22);

TI_{i+j} – временной интервал возрастной группы i+1 преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

AbL_{ij} – годичная абсорбция углерода пулом подстилки насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С $год^{-1}$.

TI_{ij} – временной интервал возрастной группы i преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

При деструктивных нарушениях происходит частичное снижение запаса углерода подстилки вплоть до значений, представленных в таблице 6.22. *Потери пула подстилки при сплошных рубках* рассчитываются по уравнению (6.20).

$$LsLH = ASH\ (CL_m / S_m - MCL_{0m}) \quad (6.20)$$

где: LsLH – годичные потери углерода пулом постилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С $год^{-1}$;

ASH – годичная площадь сплошных рубок, га $год^{-1}$;

CL_m – суммарный запас углерода подстилки в спелых лесах оцениваемого объекта, т С;

MCL_{0m} – средний запас углерода подстилки для 0-возрастной группы (временно не покрытые лесом земли), рассчитанный с учетом соотношения площадей преобладающих пород в спелых лесах, т С $га^{-1}$.

S_m – суммарная площадь спелых лесов оцениваемого объекта (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га.

Потери углерода в пуле подстилки при деструктивных лесных пожарах рассчитываются по уравнению (6.21).

$$LsLF = ASF\ (CL_a / S_a - MCL_{0a}) \quad (6.21)$$

где: LsLF – годичные потери углерода пулом постилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта при деструктивных лесных пожарах, т С $год^{-1}$;

ASH – годичная площадь деструктивных лесных пожарах, га $год^{-1}$;

CL_a – суммарный запас углерода подстилки на покрытых лесом землях оцениваемого объекта, т С;

MCL_{0a} – средний запас углерода подстилки для 0-возрастной группы (временно не покрытые лесом земли), рассчитанный с учетом соотношения площадей преобладающих пород на покрытых лесом землях, т С $га^{-1}$.

S_a – суммарная площадь покрытых лесом земель оцениваемого объекта (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га.

Годичный бюджет по пулу углерода подстилки рассчитывается по формуле 6.22:

$$BP = AbL – LsLH– LsLF \quad (6.22)$$

где:BL – годичный бюджет углерода по пулу подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

AbL – годичная абсорбция углерода пулом подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

LsLH – годичные потери углерода пулом подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год$^{-1}$;

LsLF – годичные потери углерода пулом подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта при деструктивных лесных пожарах, т С год$^{-1}$.

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) и приведены в таблицах 6.24, 6.25 и 6.26. Расчет запаса углерода в почве насаждений преобладающих пород в пределах оцениваемого объекта проводится по уравнению (6.23):

$$CS_{ij} = S_{ij} \cdot KS_{ij} \quad (6.23)$$

где: CS_j– запас углерода в слое почвы 0-30 см под насаждениями группы возраста i преобладающей породы j, т С;

S_j – площадь насаждений группы возраста i преобладающей породы j, га (по данным ГЛР);

KS_j – средний запас углерода в слое почвы 0-30 см под насаждениями группы возраста i преобладающей породы j, т С га$^{-1}$ (приведены в таблицах 6.24, 6.25 и 6.26).

Таблица 6.24

Средние значения запаса углерода слоя почвы 0-30 см (т С га$^{-1}$) в молодняках 1 класса возраста преобладающих древесных пород

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
Сосна	1	81,2	127,0	127,0	127,0
	2	43,8	104,7	75,0	49,7
	3	67,2	90,4	74,6	74,6
Ель	1	114,8	79,8	94,1	94,1
	2	60,1	103,7	132,7	132,7
	3	74,5	108,7	146,9	146,9
Пихта	1	86,7	86,7	94,9	94,9
	2	86,7	86,7	94,9	94,9
	3	91,2	91,2	70,5	74,6
Лиственница	1	148,0	93,3	93,3	93,3
	2	81,3	81,3	81,3	71,1
	3	69,3	69,3	119,3	178,3
Кедр	1	151,7	151,7	158,7	158,7
	2	151,7	151,7	126,4	126,4
	3	125,8	125,8	125,8	125,8
Твердолиственные	1	47,2	47,2	47,2	47,2
	2	47,2	47,2	47,2	47,2
	3	46,0	90,8	76,6	76,6
Береза	1	85,3	144,3	144,3	144,3
	2	68,1	68,1	125,0	125,0
	3	75,8	97,1	94,6	94,6

Продолжение таблицы 6.24

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
Осина	1	62,3	62,3	82,3	82,3
	2	62,3	62,3	82,3	82,3
	3	62,3	62,3	82,3	82,3
Прочие мягколиственные	1	97,1	74,2	74,2	74,2
	2	97,1	74,2	74,2	74,2
	3	55,4	55,4	55,4	55,4
Кедровый стланик	1	145,4	145,4	145,4	145,4
	2	145,4	145,4	145,4	145,4
	3	145,4	145,4	145,4	145,4

Таблица 6.25

Средние значения запаса углерода слоя почвы 0-30 см (т С га$^{-1}$) в молодняках 2 класса возраста преобладающих древесных пород

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
Сосна	1	86,4	135,2	135,2	135,2
	2	46,6	111,4	79,8	52,9
	3	71,5	96,2	79,4	79,4
Ель	1	122,2	84,9	100,1	100,1
	2	64,0	110,4	141,2	141,2
	3	79,3	115,7	156,3	156,3
Пихта	1	92,3	92,3	101,0	101,0
	2	92,3	92,3	101,0	101,0
	3	97,1	97,1	75,0	79,4
Лиственница	1	157,5	99,3	99,3	99,3
	2	86,5	86,5	86,5	75,7
	3	73,7	73,7	126,9	189,8
Кедр	1	161,4	161,4	168,9	168,9
	2	161,4	161,4	134,5	134,5
	3	133,9	133,9	133,9	133,9
Твердолиственные	1	50,2	50,2	50,2	50,2
	2	50,2	50,2	50,2	50,2
	3	49,0	96,7	81,5	81,5
Береза	1	91,0	153,9	153,9	153,9
	2	72,6	72,6	133,3	133,3
	3	80,9	103,5	100,9	100,9
Осина	1	66,4	66,4	87,7	87,7
	2	66,4	66,4	87,7	87,7
	3	66,4	66,4	87,7	87,7
Прочие мягколиственные	1	103,6	79,1	79,1	79,1
	2	103,6	79,1	79,1	79,1
	3	59,1	59,1	59,1	59,1
Кедровый стланик	1	154,7	154,7	154,7	154,7
	2	154,7	154,7	154,7	154,7
	3	154,7	154,7	154,7	154,7

Таблица 6.26

Средние значения запаса углерода слоя почвы 0-30 см (т С га$^{-1}$) в средневозрастных и более старших группах возраста преобладающих древесных пород

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
Сосна	1	86,4	135,2	135,2	135,2
	2	46,6	111,4	79,8	52,9
	3	71,5	96,2	79,4	79,4
Ель	1	122,2	84,9	100,1	100,1
	2	64,0	110,4	141,2	141,2
	3	79,3	115,7	156,3	156,3
Пихта	1	92,3	92,3	101,0	101,0
	2	92,3	92,3	101,0	101,0
	3	97,1	97,1	75,0	79,4
Лиственница	1	157,5	99,3	99,3	99,3
	2	86,5	86,5	86,5	75,7
	3	73,7	73,7	126,9	189,8
Кедр	1	161,4	161,4	168,9	168,9
	2	161,4	161,4	134,5	134,5
	3	133,9	133,9	133,9	133,9
Твердолиственные	1	50,2	50,2	50,2	50,2
	2	50,2	50,2	50,2	50,2
	3	49,0	96,7	81,5	81,5
Береза	1	93,8	158,7	158,7	158,7
	2	74,9	74,9	137,4	137,4
	3	83,4	106,8	104,1	104,1
Осина	1	68,5	68,5	90,5	90,5
	2	68,5	68,5	90,5	90,5
	3	68,5	68,5	90,5	90,5
Прочие мягколиственные	1	106,8	81,6	81,6	81,6
	2	106,8	81,6	81,6	81,6
	3	61,0	61,0	61,0	61,0
Кедровый стланик	1	154,7	154,7	154,7	154,7
	2	154,7	154,7	154,7	154,7
	3	154,7	154,7	154,7	154,7

Расчет абсорбции углерода пулом органического вещества почв. Как и в случае подстилки, на непокрытых лесом землях присутствуют запасы углерода почвы, поскольку нарушения не приводят к полным потерям данного пула. Начальные значения углерода почвы («нулевая» возрастная группа) представлены в таблице 6.26. Как и для подстилки, предполагается, что время достижения стабильных значений пула почвы равно 20 годам, таким образом, поглощение этим пулом присутствует у хвойных и твердолиственных пород лишь в молодняках 1 класса возраста, у мягколиственных пород и кустарников – в молодняках 1 и 2 класса возраста. Это выражается во введении ограничений к уравнению 6.23. *Оценка абсорбции углерода слоем почвы 0-30 см* аналогична таковой для пула подстилки и осуществляется по совокупности уравнений 6.24-6.25.

$$MabS_{ij} = [(MCS_{ij} - MCS_{i-1j})\cdot TI_{ij} / (TI_{i-1j} + TI_{ij}) + (MCS_{i+1j} - MCS_{ij})\cdot TI_{ij}/ (TI_{ij} + TI_{i+j})] / TI_{ij} \quad (6.24)$$

при i-1=0 $TI_{i-1j}=0$; при любых i+1, начало которых ≥ 20 лет, $TI_{i+1j}=0$

$$AbL_{ij} = S_{ij}MabS_{ij} \quad (6.25)$$

где: MCS_{ij} – средний запас углерода почвы насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С га$^{-1}$ (табл. 6.23-6.25);

S_{ij} – площадь насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, га;

$MAbS_{ij}$ – средняя годичная абсорбция углерода пулом почвы насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С га$^{-1}$ год$^{-1}$;

MCS_{i-1j} – средний запас углерода почвы насаждений возрастной группы i-1 (предшествующая возрастной группе i) преобладающей породы j, т С га$^{-1}$ (табл. 6.24-6.26, для i=0 – табл. 6.27);

TI_{ij} – временной интервал возрастной группы i преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

TI_{i-1j} – временной интервал возрастной группы i-1 преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

MCS_{+1j} – средний запас углерода почвы насаждений возрастной группы i+1 (следующая за возрастной группой i) преобладающей породы j, т С га$^{-1}$ (табл. 6.23-6.25);

TI_{i+j} – временной интервал возрастной группы i+1 преобладающей породы j (табл. 6.17), лет;

AbS_{ij} – годичная абсорбция углерода пулом почвы насаждений возрастной группы i преобладающей породы j, т С год$^{-1}$.

Допущение о снижении запаса почвенного углерода после сплошных рубок и о его увеличении с возрастом насаждений подтверждается результатами почвенных исследований (Jandl et al., 2007; Ведрова и др., 2009; Аккумуляция углерода…, 2018).

Таблица 6.27

Средние значения запаса углерода почвы (т С га$^{-1}$) для 0-й возрастной группы (временно не покрытые лесом земли) по преобладающим древесным породам

Преобладающая порода	**Зона**	**Макрорегион**			
		1	**2**	**3**	**4**
Сосна	1	75,9	118,8	118,8	118,8
	2	41,0	97,9	70,1	46,5
	3	62,8	84,6	69,8	69,8
Ель	1	107,4	74,6	88,0	88,0
	2	56,3	97,0	124,1	124,1
	3	69,7	101,7	137,4	137,4
Пихта	1	81,1	81,1	88,8	88,8
	2	81,1	81,1	88,8	88,8
	3	85,4	85,4	65,9	69,8
Лиственница	1	138,4	87,3	87,3	87,3
	2	76,0	76,0	76,0	66,5
	3	64,8	64,8	111,5	166,8
Кедр	1	141,9	141,9	148,5	148,5
	2	141,9	141,9	118,2	118,2
	3	117,7	117,7	117,7	117,7
Твердолиственные	1	44,1	44,1	44,1	44,1
	2	44,1	44,1	44,1	44,1
	3	43,1	85,0	71,6	71,6
Береза	1	82,5	139,5	139,5	139,5
	2	65,8	65,8	120,8	120,8
	3	73,3	93,9	91,5	91,5
Осина	1	60,2	60,2	79,5	79,5
	2	60,2	60,2	79,5	79,5
	3	60,2	60,2	79,5	79,5

Продолжение таблицы 6.27

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
Прочие мягколиственные	1	93,9	71,7	71,7	71,7
	2	93,9	71,7	71,7	71,7
	3	53,6	53,6	53,6	53,6
Кедровый стланик	1	136,0	136,0	136,0	136,0
	2	136,0	136,0	136,0	136,0
	3	136,0	136,0	136,0	136,0

Далее для всех пулов проводится суммирование годовых значений абсорбции углерода по возрастным группам с получением суммарного значения для данной преобладающей породы, и дальнейшее суммирование по преобладающим породам с получением суммарного значения годовой абсорбции углерода данным пулом для рассматриваемого объекта (субъекта Федерации).

Расчет потерь углерода в слое почвы 0-30 см аналогичен таковому для подстилки, пределы снижения средних значений углерода почвы при деструктивных нарушениях представлены в таблице 6.27. Согласно опубликованным данным (Честных и др., 2004; Замолодчиков и др., 2007), сделано допущение о частичном снижении запасов углерода в почве в результате сплошных рубок и верховых пожаров в результате механических нарушений почвы, минерализации органического вещества почвы и усиления выноса углерода с почвен-ными водами.

Расчет *потерь углерода почвы при сплошных рубках* выполняется по уравнению (6.26).

$$LsSH = ASH\ (CS_m / S_m - MCS_{0m}) \qquad (6.26)$$

где: LsSH – годичные потери углерода пулом почвы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год$^{-1}$;

ASH – годичная площадь сплошных рубок, га год$^{-1}$;

CS_m – суммарный запас углерода почвы в спелых лесах оцениваемого объекта, т С;

MCS_{0m} – средний запас углерода почвы для 0-возрастной группы (временно не покрытые лесом земли), рассчитанный с учетом соотношения площадей преобладающих пород в спелых лесах, т С га$^{-1}$.

S_m – суммарная площадь спелых лесов оцениваемого объекта (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га.

Потери пула почвы при деструктивных лесных пожарах рассчитываются по уравнению (6.27).

$$LsSF = ASF\ (CS_a / S_a - MCS_{0a}) \qquad (6.27)$$

где: LsSF – годичные потери углерода пулом почвы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при деструктивных лесных пожарах, т С год$^{-1}$;

ASH – годичная площадь деструктивных лесных пожарах, га год$^{-1}$;

CS_a – суммарный запас углерода почвы на покрытых лесом землях оцениваемого объекта, т С;

MCS_{0a} – средний запас углерода почвы для 0-возрастной группы (временно не покрытые лесом земли), рассчитанный с учетом соотношения площадей преобладающих пород на покрытых лесом землях, т С га$^{-1}$.

S_a – суммарная площадь покрытых лесом земель оцениваемого объекта (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га.

Годичный бюджет углерода по пулу почвы проводится по формуле*:*

$$BS = AbS - LsSH - LsSF \qquad (6.28)$$

где:BS – годичный бюджет углерода по слою почвы 0-30 см покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

AbS – годичная абсорбция углерода слоем почвы 0-30 см покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

LsSH – годичные потери углерода пулом почвы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год$^{-1}$;

LsSF – годичные потери углерода пулом почвы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при деструктивных лесных пожарах, т С год$^{-1}$.

Суммарный бюджет углерода для покрытых лесом земель оцениваемого объекта рассчитывается по уравнению (6.29).

$$BT = BP + BD + BL + BS \quad (6.29)$$

где: BT – суммарный годичный бюджет углерода покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

BP – годичный бюджет углерода по пулу фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

BD – годичный бюджет углерода по пулу мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

BL – годичный бюджет углерода по пулу подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$;

BS – годичный бюджет углерода по слою почвы 0-30 см покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год$^{-1}$.

Особенности расчета нетто-поглощения лесами, расположенными на землях ООПТ, обороны и безопасности

В связи с отсутствием детальных данных по породно-возрастному составу лесов, расположенных на землях ООПТ, обороны и безопасности, расчет изменения запасов углерода по пулам проводился на основе региональных данных по площадям лесных земель и значений нетто-поглощения углерода управляемых лесов, относящихся к лесному фонду, на единицу площади. Для расчета использовались значения нетто-поглощения углерода управляемыми лесами без учета потерь от сплошных рубок, которые не практикуются на этих землях.

Выбросы CO_2, CH_4 и N_2O от осушения органических лесных почв

Начиная с кадастра 2014 года расчеты выброса CO_2выполняются 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 CO_2* при осушении заболоченных лесных земель складываются от разложения органического вещества почв (EF_CO_2_on-site) и при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO_2_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

EF_CO_2_on-site = 0,59 тонн С/га/год (этот коэффициент получен исходя из комбинации коэффициентов выбросов для бедных элементами минерального питания органических почв – 0,25 т С/га/год и для богатых элементами минерального питания органических почв – 0,93 т С/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_CO_2_DOC (= 0,12 тонн С/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 С/га/год, который и был использован в расчетах.

Для оценок *выбросов N_2O* при осушении лесных земель использованы те же исходные данные по площадям торфоразработок, как и при оценке выброса CO_2. Для оценки выброса закиси азота впервые в настоящем кадастре 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 CH_4 впервые рассчитаны в кадастре 2014 года. Оценка проведена в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2013). Использованы следующие коэффициенты:

Frac_ditch = 0,025 (табл. 2.4, раздел 2.2.2.1, для осушенных лесов бореальной/умеренной зон);

EF_land = 4,5 CH_4 кг/га/год (полученный на основе коэффициентов выбросов для бедных элементами минерального питания органических почв – 7 кг CH_4/га/год и для богатых элементами минерального питания органических почв – 2 кг CH_4/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 CH_4 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 CH_4 кг/га/год, который и был использован в расчетах.

Выбросы парниковых газов от пожаров

Оценка прямых выбросов парниковых газов (CO_2, CH_4, N_2O, CO, NO_x) от пожаров проводили по формуле 6.30 (МГЭИК, 2006):

$$L_{пожар} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3} \qquad (6.30)$$

где: $L_{пожар}$ – количество выбросов парниковых газов от пожара; тонн каждого парниковых газов, например, CO_2, CH_4, N_2O и т.д.,

A – выжигаемая площадь, га,

MB – масса доступного для горения топлива, тонн/га. Сюда входят фитомасса, подстилка и мертвая древесина. Средний запас фитомассы, постилки, мертвой древесины (таблица 6.28) получены делением удвоенной суммы запасов углерода в фитомассе, подстилке мертвой древесины (согласно уравнениям 6.1, 6.2, 6.3) на площадь лесных земель.

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).

Таблица 6.28

Средние значения массы доступного для горения топлива (фитомасса, подстилка, мертвая древесина) для лесных земель, тонн га$^{-1}$

Пулы	Покрытые лесной растительностью земли	Непокрытые лесной растительностью земли
Фитомасса	87,9	10,4
Мертвая древесина	17,4	1,1
Подстилка	16,1	10,9
Всего	121,4	22,4

6.4.1.1.3– 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 государственного лесного реестра; 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.

Ошибки определения таксационных показателей лесных насаждений регламентируются «Лесоустроительной инструкцией», утвержденной приказом Рослесхоза №516 от 12.12.2011г. Для лесных насаждений, вовлекаемых в хозяйственную деятельность, допускается точность таксации запасов ±15%, для остальных насаждений ±20%, при этом для малоценных и низкобонитетных насаждений ±25%. Для расчетов неопределенности принята средняя точность таксации запасов на выделах ±20%. Эта величина подтверждается рядом публикаций (Елизаров, Мошкалев, 1963; Лебков, 1965; Филиппов, 1975), рассматривающих различные способы таксации. Для расчетов принята точность определения площадей выделов ±10% согласно лесоустроительной инструкции. Согласно опубликованным данным (Schepashenko et al., 2017), неопределенность конверсионных коэффициентов для пула фитомассы принята ±10%, мертвой древесины – ±32%, подстилки – ±62%, органического вещества почв – ±60%.

Неопределенность оценок выбросов метана и закиси азота от пожаров складывается из неопределенности оценок площадей пожаров ±20% и неопределенности коэффициентов выбросов (для метана – ±70%, для закиси азота – ±60%). Следует отметить, что неопределенность площадей пожаров при наземном методе учета не превышает ±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 ±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 ±19,6%. Таким образом, для оценки неопределенности расчетов выбросов от пожаров в кадастре используется средневзвешенное значение ±20%.

Приведенные в настоящем докладе величины выбросов и стоков парниковых газов 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.

6.4.1.1.4– 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).

6.4.1.1.5– Перерасчеты и планируемые усовершенствования

Перерасчеты не проводились. Планируются перерасчеты потерь углерода, связанные с переходом от расчетных значений площадей нарушений к фактическим данным по площадям лесозаготовок, площадям гибели древостоев от пожаров и и иных причин согласно рекомендациям группы по проверке кадастра. Кроме того, планируется сбор данных, характеризующих породно-возрастной состав лесов на особо охраняемых природных территориях, а также сбор данных по осушенным органическим почвам в лесах.

6.4.1.2 Земли, переустроенные в лесные земли (раздел 4.А.2 ОФД)

6.4.1.2.1– Характеристика подкатегории

Согласно матрице преобразования земель, с 1990 г. наблюдался перевод возделываемых земель, пастбищ и прочих земель в лесные земли. В ходе проверки 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 парниковых газов, связанных с антропогенной деятельностью по созданию противоэрозионных и полезащитных лесонасаждений, заложенных на возделываемых землях, начиная с 1946 года (таблица 6.28) 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 6.29 расчитаны с учетом перевода площадей защитных насаждений в управляемые земли после завершения 50-летнего 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.

Таблица 6.29

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
2011	5,415	927,221	0,302	840,721
2012	2,146	914,795	0,152	823,150
2013	4,598	904,820	0,021	805,448
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
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

Примечание: * - значение площадей сохранившихся насаждений в конце периода

Результаты расчетов поглощения всеми пулами противоэрозионных и полезащитных насаждений с учетом нарушений представлены в таблицах 6.30, 6.31, 6.32 и на рисунке 6.15.

Хотя темпы создания защитных лесных насаждений резко снизились, нетто-поглощение углерода созданными насаждениями сохраняется на относительно высоком уровне (рис. 6.15), достигнув к 2020 г. 14,5 млн.т CO_2 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 2020 г. составляет около 68,9% от общего накопления углерода всеми защитными насаждениями, созданными после 1990 г. Причиной этому являются значительно большие площади создаваемых после 1990 г. противоэрозионных насаждений (69,6% 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.

Таблица 6.30

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	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Противоэрозионные насаждения														
фитомасса	1437,1	1462,7	1343,3	1155,5	975,7	888,9	852,9	817,5	783,8	750,4	710,1	670,3	630,5	590,1
мертвая древесина	333,5	364,4	347,7	294,1	244,9	223,6	212,6	208,8	203,5	196,2	185,2	172,2	156,8	154,1
подстилка	56,2	42,3	27,3	12,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0
почва	434,2	363,7	277,1	182,3	106,7	98,9	96,1	93,4	90,7	88,0	84,1	80,3	76,5	72,7
все пулы	2261,1	2233,1	1995,4	1644,2	1327,6	1211,7	1162,0	1120,0	1078,2	1034,8	979,8	923,0	864,1	816,9
Полезащитные насаждения														
фитомасса	2513,8	2563,4	2332,8	1945,9	1633,2	1487,0	1432,8	1382,0	1338,0	1296,0	1238,0	1182,0	1126,0	1069,7
мертвая древесина	460,2	482,9	415,4	328,8	279,3	264,4	258,2	262,2	264,9	264,6	260,9	254,3	244,8	232,5
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
почва	528,1	442,3	337,1	221,7	129,7	120,2	116,9	113,6	110,3	107,0	102,3	97,7	93,0	88,4
все пулы	3566,8	3537,2	3116,5	2510,3	2042,2	1871,7	1807,9	1757,7	1713,1	1667,6	1601,2	1533,9	1463,8	1390,6
Все защитные насаждения														
фитомасса	3950,9	4026,1	3676,1	3101,4	2608,9	2375,9	2285,7	2199,5	2121,7	2046,4	1948,1	1852,3	1756,4	1659,7
мертвая древесина	793,8	847,3	763,0	622,9	524,2	488,0	470,8	471,0	468,3	460,8	446,1	426,4	401,6	386,7
подстилка	120,8	90,8	58,5	26,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0
почва	962,4	806,0	614,2	404,0	236,4	219,1	213,1	207,0	201,0	194,9	186,4	178,0	169,5	161,0
все пулы	5827,9	5770,2	5111,9	4154,6	3369,8	3083,3	2969,9	2877,7	2791,3	2702,4	2580,9	2456,9	2327,8	2207,4

Таблица 6.31

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**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Противоэрозионные насаждения														
фитомасса	0,2	245,2	468,2	655,4	762,6	786,8	797,1	805,3	808,7	812,1	815,7	817,1	822,8	830,6
мертвая древесина	0,0	20,1	79,3	143,7	182,1	195,8	203,1	185,6	187,9	194,7	202,2	209,6	217,7	189,9
подстилка	9,3	31,2	43,5	52,4	46,6	37,4	33,8	30,4	27,5	26,0	24,4	23,6	21,3	20,2
почва	59,5	200,8	279,7	337,3	311,4	265,7	247,8	230,8	216,9	209,8	201,8	199,2	185,2	167,3
все пулы	69,0	497,4	870,7	1188,8	1302,8	1285,7	1281,7	1252,1	1241,1	1242,5	1244,2	1249,5	1247,1	1207,9
Полезащитные насаждения														
фитомасса	0,1	316,1	497,9	566,8	566,9	543,1	534,6	523,4	504,7	478,8	459,1	448,5	439,6	433,1
мертвая древесина	0,0	46,0	122,1	116,5	86,5	61,0	67,7	61,3	41,7	29,2	33,6	39,3	48,9	64,1
подстилка	4,2	21,9	23,4	24,9	21,0	6,6	5,3	4,3	3,5	3,1	2,9	2,6	2,3	2,0
почва	28,5	148,2	158,5	168,5	148,3	70,0	62,7	57,3	52,9	51,1	49,7	48,3	46,7	45,2
все пулы	32,8	532,2	801,9	876,7	822,7	680,7	670,3	646,3	602,8	562,3	545,3	538,7	537,5	544,5
Всего защитных насаждений														
фитомасса	0,2	561,3	966,1	1222,2	1329,5	1330,0	1331,6	1328,7	1313,4	1290,9	1274,9	1265,6	1262,5	1263,6
мертвая древесина	0,0	66,1	201,3	260,2	268,7	256,8	270,7	246,9	229,7	223,9	235,8	248,9	266,6	254,0
подстилка	13,5	53,1	66,9	77,3	67,6	44,1	39,1	34,7	31,0	29,2	27,3	26,2	23,6	22,2
почва	88,1	349,0	438,2	505,8	459,7	335,6	310,5	288,1	269,7	260,9	251,5	247,5	231,9	212,5
все пулы	101,8	1029,6	1672,5	2065,5	2125,5	1966,4	1952,0	1898,3	1843,8	1804,8	1789,5	1788,2	1784,6	1752,3

Таблица 6.32

Оценка нетто-поглощения CO_2 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**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Противоэрозионные насаждения, созданные до 1990	8290,6	8187,9	7579,9	6028,8	4867,8	4442,8	4260,6	4106,6	3953,5	3794,4	3592,4	3384,4	3168,3	2995,1
Полезащитные насаждения, созданные до 1990	13078,3	12969,6	11909,4	9204,6	7488,1	6862,8	6629,1	6445,1	6281,4	6114,6	5871,1	5624,3	5367,1	5098,7
Всего по защитным насаждениям, созданным до 1990 г.	21368,9	21157,5	19489,3	15233,4	12356,0	11305,6	10889,8	10551,6	10234,9	9908,9	9463,5	9008,8	8535,4	8093,9
Противоэрозионные, созданные после 1990	252,8	1823,7	3192,5	4359,1	4776,9	4714,2	4699,6	4590,9	4550,6	4555,9	4561,9	4581,5	4572,6	4429,0
Полезащитные насаждения, созданные после 1990	120,3	1951,4	2940,2	3214,4	3016,7	2496,1	2457,6	2369,7	2210,1	2061,8	1999,6	1975,4	1970,8	1996,3
Всего по защитным насаждениям, созданным после 1990 г.	373,1	3775,1	6132,6	7573,5	7793,6	7210,2	7157,2	6960,5	6760,7	6617,7	6561,5	6556,9	6543,4	6425,3
Всего по противоэрозионным насаждениям, созданным до и после 1990 г.	8543,5	10011,5	10772,4	10387,9	9644,7	9156,9	8960,3	8697,4	8504,1	8350,3	8154,3	7965,9	7740,9	7424,1
Всего по полезащитным насаждениям, созданным до и после 1990 г.	13198,6	14921,0	14849,6	12419,0	10504,8	9358,9	9086,7	8814,7	8491,5	8176,4	7870,7	7599,7	7337,9	7095,1
Итого	21742,1	24932,6	25621,9	22806,9	20149,6	18515,8	18047,0	17512,2	16995,6	16526,7	16025,0	15565,6	15078,8	14519,2

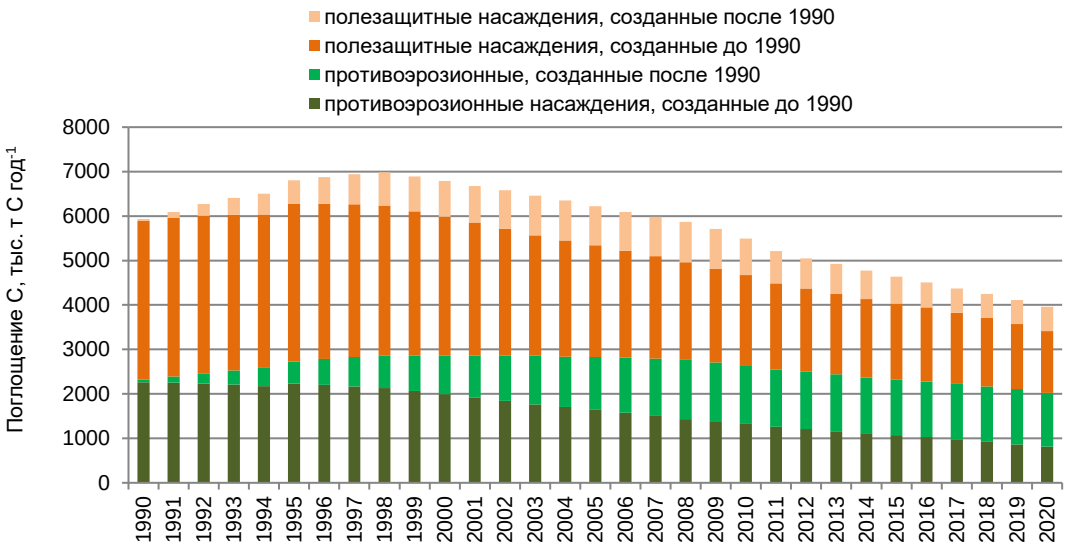

Рисунок 6.15 – Динамика нетто-поглощения углерода всеми пулами противоэрозионных и полезащитных лесонасаждений, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации до и после 1990 г.

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 проверке 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. Оценку прямых выбросов парниковых газов (CH_4, N_2O, CO, NO_x, NMVOC) от пожара проводили по формуле 6.30. Результаты расчетов выбросов парниковых газов представлены в таблице 6.33.

Таблица 6.33

Выбросы CO_2, CH_4, N_2O, 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_2O	NO_x	NMVOC
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
2012	54,89	86,12	0,26	5,87	0,01	0,16	1,61
2013	53,71	84,27	0,25	5,75	0,01	0,16	1,57
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

6.4.1.2.2– Методология сбора данных и расчетов

Формы лесохозяйственной статистики, содержащие необходимую для расчетов информацию за период с 1990 по 2020 гг., были предоставлены Росстатом (табл. 6.29) и Рослесхозом (табл.6.34). 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. 6.35, 6.36), 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 6.34

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, джузгун, тереск	8,8	0,0
Прочие кустарниковые	1,6	1,2
Итого	100,0	100,0

Таблица 6.35

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

Проодолжение таблицы 6.35

Год	Пул углерода, т С га$^{-1}$					
	Фитомасса надземная	Фитомасса подземная	Мертвая древесина	Подстилка	Почва	Итого
17	21,6	6,9	5,8	2,5	16,3	53,2
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 6.36

Динамика среднего запаса углерода в различных пулах по мере роста полезащитных 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

Продолжение таблицы 6.36

Год	Пул углерода, т С га$^{-1}$					
	Фитомасса надземная	Фитомасса подземная	Мертвая древесина	Подстилка	Почва	Итого
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
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. 6.33, 6.34).

Оценка динамики суммарного запаса углерода в фитомассе защитных насаждениях по уравнению (6.32):

$$CPA_{ij} = \Sigma_i CPA_{ijl} \quad (6.32)$$

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.

6.4.1.2.3 – Неопределенность и согласованность временных рядов

См. раздел 6.4.1.1.3 выше.

Оценка неопределенности бюджета углерода пахотных земель, переведенных в лесные земли, связана с неопределенность статистических данных по площадям облесения и конверсионных коэффициентов. Точность статистических исходных данных по площадям создаваемых противоэрозионных и полезащитных насаждений оценивается не более ±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 ±20% и неопределенности коэффициентов выбросов (для метана – ±70%, для закиси азота – ±60%). Следует отметить, что неопределенность площадей пожаров при наземном методе учета не превышает ±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 ±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 ±19,6%. Таким образом, для оценки неопределенности расчетов выбросов от пожаров в кадастре используется средневзвешенное значение ±20%.

Приведенные в настоящем докладе величины выбросов и стоков парниковых газов 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.

6.4.1.2.4 – Обеспечение и контроль качества

См. раздел 6.4.1.1.4.

6.4.1.2.5 – Перерасчеты и планируемые усовершенствования

Перерасчеты в данной подкатегории не проводились. Планируется сбор данных о фактических нарушениях полезащитных и противоэрозионных насаждений.

6.4.2 Пахотные и другие земли сельскохозяйственного назначения (раздел 4.B ОФД)

6.4.2.1 Постоянно обрабатываемые пахотные и другие земли сельскохозяйственного назначения (раздел 4.B.1 ОФД)

6.4.2.1.1 – Характеристика подкатегории

Согласно Руководящим принципам МГЭИК (МГЭИК, 2006), земли, занятые сельскохозяйственными культурами, могут быть источником выбросов CO_2, N_2O и CH_4, причем выброс CO_2 может быть обусловлен пространственно-временной динамикой биомассы сельскохозяйственных культур и изменением запасов углерода почвы. Выбросы N_2O связаны с внесением удобрений и изменениями физико-химических свойств почв при их конверсии в сельскохозяйственные земли или изменении практики управления землями, а выбросы CH_4 обусловлены культивацией торфяников и процессами горения биомассы (МГЭИК, 2006). При этом данные о выбросах парниковых газов должны представляться отдельно для постоянно обрабатываемых земель и земель, переведенных в сельскохозяйственные земли. Оценка выброса CO_2 от пахотных земель приводится в данном разделе. Перевода новых земель в пахотные угодья в Российской Федерации за период с 1990 по 2020 гг. не проводилось, поэтому соответствующие таблицы ОФД заполнены стандартным указателем «NO».

В соответствии с рекомендациями МГЭИК при оценке изменений запасов углерода рассматриваются пулы биомассы растений, мертвого органического вещества, подстилки и почвы.

Данные по площадям многолетних насаждений и изменения запасов углерода в живой биомассе с 1990 по 2020 гг. приведены в таблице 6.37.

Таблица 6.37

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	0,0	2141,0
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
2011	547,4	2,6	1149,5	163,8	985,8
2012	540,7	6,7	1135,5	422,5	713,0
2013	530,1	10,6	1113,1	670,5	442,6
2014	564,0	0	1184,4	0,0	1184,4
2015	557,1	6,9	1169,9	236,7	733,1
2016	552,8	4,1	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

[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 ОФД.

Органические почвы постоянных пахотных земель. Результаты расчета выброса CO_2 и CH_4 от осушенных органических почв постоянных пахотных земель приведены в таблице 6.38.

Таблица 6.38

Потери углерода и выбросы метана с пахотных земель при обработке (осушении) органогенных почв

Годы	Площадь культивируемых органогенных почв, га/год	Потери углерода, тыс. т С	Выбросы CH_4, тыс. т
1990	3813747	22591,6	222,2
1995	3480809	20619,4	202,8
2000	2979874	17652,0	173,6
2005	2630206	15580,7	153,2
2010	2528800	14980,0	147,3
2011	2513100	14887,0	146,4
2012	2507300	14852,6	146,1
2013	2501600	14818,8	145,7
2014	2502600	14824,8	145,8
2015	2507500	14853,8	146,1
2016	2507100	14851,4	146,5
2017	2515000	14898,2	142,4
2018	2519000	14921,9	146,7
2019	2512000	14880,4	146,3
2020	2501500	14818,2	145,7

6.4.2.1.2 – 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 2019 гг. взяты из официальной статистической информации Росстата и из ежегодных статистических сборников (Госкомстат, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2004, 2013, 2016; Росстат, 2005-2019; http://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 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 нами не оценивалась и в таблицах ОФД использованы стандартные указатели «NO». Исследование методов ведения хозяйства на пахотных землях в Российской Федерации 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 проверке 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 (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 ОФД 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 органогенных почв на землях обрабатываемых земель определена равной 2,88%. Для периода 2006-2020 гг. ежегодная доля органогенных почв культивируемых земель рассчитана по статистическим данным площадей осушенных земель пашен и многолетних насаждений (Роснедвижимость, 2007-2009; Росреестр, 2010-2021) и составляет 2,7-2,9%.

Методология расчета 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 CO_2 находится на уровне 5,9 ± 2,3 тС/га/год 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 2020 гг. Результаты расчетов площадей органических почв и потерь углерода с них приведены в таблице 6.37 выше.

Выбросы закиси азота с рассчитанной площади обрабатываемых органогенных почв за период с 1990 по 2020 гг. оценены в секторе Сельского хозяйства, категория 3D1.6.

В настоящем кадастре оценены также выбросы метана 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 6.37 выше. Для отчетности в таблицах ОФД выбросы метана от осушенных возделываемых земель приведены в категории 4(II) «Выбросы и поглощение при осушении, обводнении и ином управлении» раздела 4B, в подкатегории «осушенные органогенные почвы».

Известкование почв. В соответствии с решением Конференции Сторон РКИК ООН 24/CP.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 ОФД использован стандартный указатель «NA» («не применимо»).

6.4.2.1.3 – Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность статистических исходных данных по площадям земель сельскохозяйственного назначения оценивается не более ±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 ±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 ±75,17%. Таким образом, суммарная неопределенность по данной категории рассчитана в соответствии с уровнем сложности 1 МГЭИК равной ±79,17%.

Потери углерода при использовании органогенных почв пахотных угодий в настоящем кадастре определены на основании национального коэффициента. Его неопределенность равна ±39,3%. Площади осушенных земель являются данными официальной национальной статистики и их неопределенность равна 5%. Объединенная неопределенность расчета выбросов CO_2 от органогенных пахотных почв составляет ±39,62%. Таким образом, использование национального коэффициента сократило неопределенность оценок данной категории выбросов почти в 3 раза – от ±90,14% (в кадастре 2013 года) до ±39,62%.

Также рассчитаны выбросы метана 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 ±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 согласованны.

6.4.2.1.4 – Обеспечение и контроль качества

Для обеспечения и контроля качества данной подкатегории применялись общие процедуры Российского национального кадастра.

6.4.2.1.5 – Пересчеты и планируемые усовершенствования

Пересчет выбросов метана от органогенных почв за период 1990-2019 гг в связи с уточнением площадей органогенных почв.

Пересчет запасов углерода в минеральных почвах по Уровню 1 согласно замечаниям группы экспертов по проверке кадастра в 2018 году.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.2.2 Земли, преобразованные в пахотные и другие земли сельскохозяйственного назначения (раздел 4.В.2 ОФД)

6.4.2.2.1 – Сенокосы и пастбища, преобразованные в пахотные и другие земли сельскохозяйственного назначения (раздел 4.В.2.2 ОФД)

6.4.2.2.1.1 Характеристика подкатегории

В настоящем кадастре выполнены оценки изменений запасов углерода при конверсии сенокосов и пастбищ в пахотные и другие земли сельскохозяйственного назначения. 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 ОФД. Результаты оценки изменений запасов углерода представлены в таблице 6.39.

Таблица 6.39

Результаты оценки изменений запасов углерода при переводе сенокосов и пастбищ в пахотные землии другие земли сельскохозяйственного назначения

Годы	Площадь, тыс. га		Почвенный органический углерод, тыс. тонн С в год	Углерод биомассы, тыс. т С в год	Углерод мертвого органического вещества, тыс. т С в год
	Куммулятивная площадь	Ежегодное изменение			
1990-2010	0	0	0	0	0
2011	807,70	807,70	-1322,75	-2386,76	-3812,36
2012	807,70	0,00	-1322,75	0	0
2013	1078,86	271,15	-1766,81	-801,25	-1279,84
2014	1078,86	0,00	-1766,81	0	0
2015	1315,60	236,75	-2154,53	-699,59	-1117,46
2016	2120,40	804,79	-3472,51	-2378,16	-3798,61
2017	2586,70	466,30	-4236,17	-1377,93	-2200,95
2018	2586,70	0	-4236,17	0	0
2019	2586,70	0	-4236,17	0	0
2020	2805,67	218,97	-4236,17	-647,05	-1033,53

6.4.2.2.1.2 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. Результаты расчета приведены в таблице 6.38 выше.

Оценки выбросов N_2O при минерализации почвенного органического вещества представлены в главе “ Сельское хозяйство”.

6.4.2.2.1.3 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 (±10%). Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет ±50,99% и ±15,98% соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК). Объединенная неопределенность расчетов для резервуара почв составляет ±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 согласованны.

6.4.1.2.1.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.4.1.2.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано.

6.4.3 Сенокосы и пастбища (раздел 4.С ОФД)

6.4.3.1 Постоянные сенокосы и пастбища (раздел 4.С.1 ОФД)

6.4.3.1.1– Управляемые постоянные сенокосы и пастбища

6.4.3.1.1.1 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 6.40. Для отчетности в таблицах ОФД выбросы метана 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 6.40

Потери углерода и выбросы метана на территории органогенных почв кормовых угодий, тыс. тонн

Годы	Площадь органогенных почв кормовых угодий, тыс. га/год	Потери углерода, тыс. тонн С	Выбросы CH_4, тыс. тонн
1990	2404,2	13992,3	104,9
1995	2220,8	12925,3	96,9
2000	2037,5	11858,3	88,9
2005	1854,2	10791,3	80,9
2010	1771,0	10307,2	77,3
2011	1765,0	10272,3	77,0
2012	1765,3	10274,0	77,0
2013	1762,1	10255,4	76,9
2014	1759,5	10240,3	76,8
2015	1758,1	10232,1	76,7
2016	1756,1	10220,5	76,6
2017	1759,3	10239,1	76,7
2018	1759,4	10239,7	76,8
2019	1762,8	10259,5	76,9
2020	1753,8	10207,1	76,5

Сжигание биомассы на землях кормовых угодий. Выбросы CH_4, N_2O, CO, NO_x, NMVOC от травяных пожаров (табл. 6.41) значительно варьируют год от года в прямой зависимости от площади, пройденной огнем.

Таблица 6.41

Прямые выбросы от травяных пожаров

Год	Площадь, пройденная пожарами, тыс. га	Выбросы парниковых газов, тыс. т				
		CH_4	CO	N_2O	NO_x	NMVOC
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	300,6	6,9	195,4	0,6	11,7	134,7
2010	447,6	10,3	290,9	0,9	17,5	200,5
2011	395,2	9,1	256,9	0,8	15,4	177,1
2012	306,9	7,1	199,5	0,6	12,0	137,5
2013	187,6	4,3	121,9	0,4	7,3	84,0
2014	483,3	11,1	314,1	1,0	18,8	216,5
2015	380,4	8,7	247,3	0,8	14,8	170,4
2016	318,1	7,3	206,8	0,7	12,4	142,5
2017	1671,0	38,4	1086,2	3,5	65,2	748,6
2018	2573,9	59,2	1673,0	5,4	100,4	1153,1
2019	2519,6	58,0	1637,8	5,3	98,3	1128,8
2020	1420,3	32,7	923,2	3,0	55,4	636,3

6.4.3.1.1.2 Методология сбора данных и расчетов

В Росреестре регулярно собираются данные по площадям пастбищ и сенокосов в стране у землепользователей, занимающихся сельскохозяйственным производством (табл. 6.42), а также их распределение по субъектам Федерации за 1990 г. и за период с 1998 по 2019 гг. (Роснедвижимость, 2006b, 2007b, 2008b, 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014, 2016, 2017, 2018, 2019). Распределение площадей по областям и регионам Российской Федерации 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 года с использованием суммарной площади сенокосов и пастбищ в стране в определенном году. Для проведения расчетов нами были использованы площади угодий, используемые землепользователями для сельскохозяйственного производства. Доля этих угодий составляет 90% от всех сельскохозяйственных угодий в стране (Роснедвижимость, 2005, 2006a, 2007a, 2008a, 2009a; Росреестр, 2010a, 2012a, 2013a, 2014–2019). 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 парниковых газов.

Как следует из данных таблицы 6.42, 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 2019 годы. Незначительное увеличение площадей используемых сенокосов и пастбищ отмечено в отдельные годы (1994, 1995, 1999, 2008, 2010 – 2013), которое, по-видимому, происходило за счет земель, находившихся под кормовыми угодьями в предыдущие года и неиспользуемых в течение 2-3 последних лет. (Рост площадей в 2014 г. обусловлен включением в состав Российской Федерации 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.С.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 6.42

Площади кормовых угодий землепользователей, занимающихся сельскохозяйственным производством в России

Годы	Кормовые угодья, млн. га
1990	80,1
1995	78,7
2000	72,6
2005	70,5
2010	70,1
2011	70,2
2012	70,3
2013	70,4
2014	70,5
2015	70,6
2016	70,8
2017	71,0
2018	71,0
2019	71,2
2020	71,0

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 2020 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 нами постоянным и в таблицах ОФД 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 2020 гг. методы ведения хозяйства и режимы использования кормовых угодий практически не изменялись. Следовательно, эта категория нами не оценивалась и в таблицах ОФД 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 проверке кадастра 2018 года метод уровня 3 в настоящее время не применим в Росии 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 (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 ОФД 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 органогенных земель на территории кормовых угодий была определена расчетным путем на основании общей ежегодной площади сенокосов и пастбищ в стране (Госкомстат, 1995a, 2000; Росстат, 2004; Росстат, 2005-2016; Роснедвижимость, 2007b, 2008b, 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014-2020) 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 органогенных 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, 2008b, 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014, 2015, 2016, 2017,2018, 2019,2020). Их доля от общей площади кормовых угодий постепенно сокращается от 2,59% (2006г.) до 2,47% (2020 г.). Уточнение площадей органогенных почв выполнено в соответствии с рекомендациями группы экспертов по проверке Национального кадастра Российской Федерации в 2011г.

В настоящем кадастре для оценки выброса CO_2 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 CO_2 от осушенных почв происходят непосредственно на территории осушения (EF_CO_2_on-site) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO_2_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

- EF_CO_2_on-site (= 5,7 тоннС/га/год) – табл. 2.1, раздел 2.2.1.1, стр. 2.9-2.11 для луговых ценозов бореальной зоны;
- EF_CO_2_DOC (= 0,12 тонн С/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 С/га/год, который и был использован в расчетах. Результаты расчета площадей органических почв и потерь углерода с них приведены в таблице 6.49 выше.

Выбросы закиси азота с рассчитанной площади органогенных почв кормовых угодий представлены в отчетности сектора Сельского хозяйства, категория 3D1.6.

В кадастре оценены также выбросы метана 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 CH_4 проведены в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2014). Коэффициенты соответствуют:

- Frac_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 CH_4 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 CH_4 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 CH_4 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 CH_4 кг/га/год, который и был использован в расчетах.

Результаты расчета выброса CH_4 от органогенных почв кормовых угодий приведены в таблице 6.49 выше. Для отчетности в таблицах ОФД выбросы метана 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 парниковых газов (CH_4, N_2O, CO, NO_x, NMVOC) от травяных пожаров проводили по формуле 6.36(МГЭИК, 2006)**:**

$$L_{пожар} = A\ M_B\ C_f\ G_{ef}\ 10^{-3} \qquad (6.34)$$

где: $L_{пожар}$ – количество выбросов парниковых газов от пожара; тонн каждого парникового газа, например, CH_4, N_2O 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 6.41 выше.

6.4.3.1.1.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность статистических исходных данных по площадям земель сельскохозяйственного

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 метана 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 CO2 ±49,23%, для CH4 от кормовых угодий соответственно ±69,70%.

Неопределенность оценок выбросов метана и закиси азота от пожаров складывается из неопределенности оценок площадей пожаров ±20% и объединенной неопределенности коэффициентов выбросов и потребления топливной биомассы (для метана – ±108%, для закиси азота – ±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 согласованны.

6.4.3.1.1.4 Обеспечение и контроль качества

Для обеспечения и контроля качества данной подкатегории применялись общие процедуры Российского национального кадастра.

6.4.3.1.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

Пересчет запасов углерода в минеральных и органогенных почвах земель сенокосов и пастбищ за период по Уровню 1 согласно замечаниям группы экспертов по проверке кадастра в 2019 г.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.3.1.2 – Неуправляемые постоянные луговые угодья (раздел 4.С.1 ОФД)

Потоки парниковых газов от неуправляемых постоянных луговых угодий не выполнялись в связи с их естественным происхождением. Соответствующая таблица ОФД заполнена стандартным указателем «NA».

6.4.3.2 Земли, преобразованные в управляемые сенокосы и пастбища (раздел 4.С.2 ОФД)

6.4.3.2.1 Пахотные земли, преобразованные в управляемые сенокосы и пастбища

6.4.3.2.1.1 Характеристика подкатегории

После 1990 года в России происходило интенсивное сокращение площадей пахотных земель. Часть этих земель используется в качестве сенокосов и пастбищ. Очевидно, что подобная смена вида землепользования приводит к накоплению запасов углерода в живой биомассе, мертвом органическом веществе и в почве.

Результаты оценки изменений запасов углерода в резервуаре биомассы и мертвого органического вещества приведены в таблице 6.43.

Таблица 6.43

Накопление углерода в биомассе и мортмассе земель, переведенных из пахотных в управляемые кормовые угодья

Годы	Площади переведенных земель, тыс. га*	Нетто-изменение запасов углерода биомассы, тыс. тонн С	Нетто-изменение запасов углерода мортмассы, тыс. тонн С
1990	1167,60	-1453,7	-1055,5
1995	9937,5	-2318,8	706,5
2000	20099,5	-2430,1	4479,2
2005	29816,6	-2474,6	7041,8
2009	28304,1	7480,2	10515,2
2010	30242,4	-2413,2	6280,2
2011	29513,2	3062,8	8992,6
2012	29913,0	-497,8	7288,4
2013	29655,7	1080,7	7334,1
2014	30673,3	-1266,9	5468,0
2015	30261,1	1731,0	6061,9
2016	29534,3	3052,6	5588,4
2017	29194,9	1425,4	3936,7
2018	30173,6	-1218,5	1513,3
2019	30443,0	-335,4	1866,4
2020	30296,5	182,4	2103,8

**площади могут не совпадать с данными матрицы земель точно, т.к. в матрице приведены округленные расчеты*

Результаты расчета накопления органического углерода почвами бывших пахотных земель, переведенных в кормовые угодья, приведены в таблице 6.44.

Таблица 6.44

Накопление углерода почвами земель, переведенных из пахотных в управляемые кормовые угодья

Годы	Среднее ежегодное поглощение, тонн С/га	Общее поглощение С, тыс. тонн
1990	0,1	112,5
1995	1,42	14099,3
2000	0,77	17667,3
2005	0,78	24974,3
2009	0,61	17240,9
2010	0,57	17176,1
2011	0,53	15628,8
2012	0,49	14769,6
2013	0,49	14642,5
2014	0,49	15145,0
2015	0,49	14941,5
2016	0,49	14582,6
2017	0,49	14415,0
2018	0,49	14898,3
2019	0,49	15031,3
2020	0,49	14958,9

Выбросы CO_2 и CH_4 от органических почв пашен, переведенных в кормовые угодья, приведены в таблице 6.45.

Таблица 6.45

Выбросы углекислого газа и метана на территории органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в кормовые угодья

Годы	Доля органогенных почв в общей площади кормовых угодий, %	Площадь органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в кормовые угодья, тыс. га/год	Потери углерода, тыс. тонн С	Выброс CH_4, тыс. тонн CH_4
1990	2,88	33,6	195,5	1,5
1995	2,88	285,97	1664,3	12,5
2000	2,88	663,17	3859,6	28,9
2005	2,88	916,47	5333,9	40,0
2009	2,77	782,9	4556,7	34,2
2010	2,80	845,7	4922,0	36,9
2011	2,75	813,0	4731,5	35,5
2012	2,76	825,1	4802,3	36,0
2013	2,74	813,8	4736,3	35,5
2014	2,73	838,5	4880,3	36,6
2015	2,73	826,8	4812,0	36,1
2016	2,71	799,8	4654,9	34,9
2017	2,70	789,2	4592,9	34,4
2018	2,73	824,5	4798,9	36,0
2019	2,73	831,2	4837,8	36,3
2020	2,71	821,9	5605,5	35,9

6.4.3.2.1.2 Методология сбора данных и расчетов

По официальной статистической информации (Госкомстат, 1995a, 1998, 2000; Росстат, 2002; Росстат, 2005-2020; Роснедвижимость, 2007b, 2008b, 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021) оценена площадь земель, выведенных из сельскохозяйственного использования с 1990 по 2020г. включительно, которая составляет 30,3 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 Российской Федерации с благоприятными для сельского хозяйства климатическими и почвенными условиями.

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.B.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.B.1 ОФД).

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 принятыми 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. 6.46). Для перевода количества сухого вещества биомассы в запасы углерода использован стандартный переводной коэффициент 0,45 (Левин, 1977).

Таблица 6.46

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, ±σ %	±64,6	±54,4	**±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, ±σ %	±52,9	±63,2	**±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 ОФД 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 6.43 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) принятыми 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. 6.45). 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 ОФД 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 6.42 выше.

Ежегодное изменение запасов углерода в минеральных и органогенных 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 and 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, нами выбрана модель RothC (Coleman, Jenkinson, 1996). Эта модель пригодна для использования на территории России. В качестве исходных данных требуются 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, т.к. мы предположили, что 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 ± 1,7 т С/га), а дерново-подзолистые суглинистые почвы накапливали в среднем 0,08 ± 0,03% С/год (1,40 ± 0,46 т С/(га/год)). В Московской области серые лесные почвы в среднем накопили около 0,5% С (14,8 ± 1,6 т С/га) в течение 15ти лет; дерново-подзолистые суглинистые почвы – 0,3% С (8,9 ± 0,9 т С/га) и дерново-подзолистые супесчаные – 0,6% С (17,8 ± 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 ± 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 накопилось 0,5 ± 0,2%С, что соответствует около 11,0 ± 5,3 тонн С/га (1,24 ± 0,56 тонн С/га в год). Черноземы характеризовались меньшими темпами накопления углерода после 4-х лет зарастания (0,04 ± 0,02% С в год) по сравнению с темно-каштановыми почвами – 0,08 ± 0,02% С в год, в то время как, темпы потерь до возраста 4-х лет были очень близки: 0,10 ± 0,035% С в год и 0,09 ± 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 ($R^2 = 0,99$):

$$КК = 0,00008x^3 - 0,0057x^2 + 0,1397x + 0,4667, \quad (6.35)$$

где: *КК* – 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 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 год. 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 ± 0,45 тонн С/га/год, а после 2000 года – 0,97 ± 0,21 тонн С/га в год. Постепенное снижение скорости удельной аккумуляции между 1990-ми годами и 2000-2006г. 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.

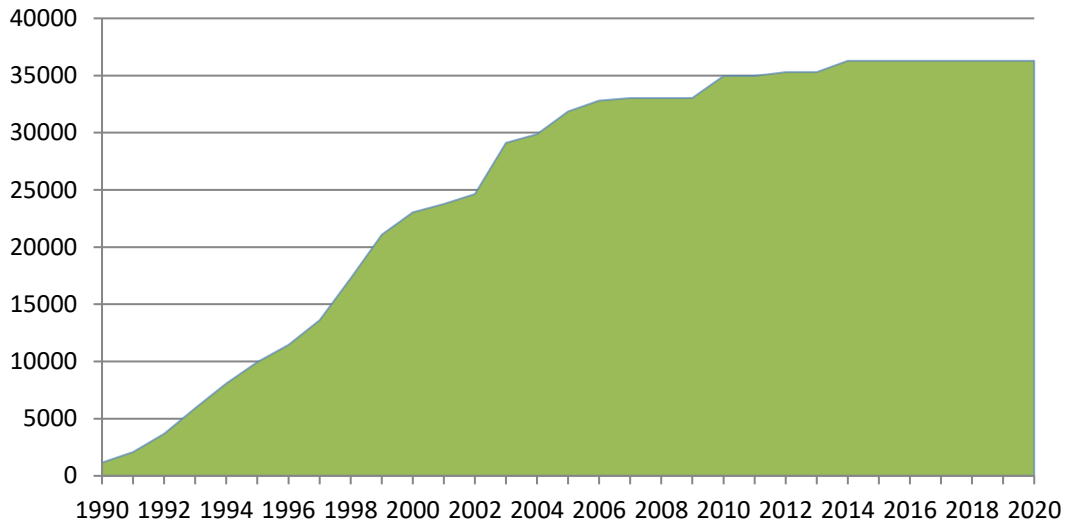

Рисунок 6.16 – Площади земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья

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 6ой год зарастания) (см. рис. 6.17). Нисходящая кривая, приведенная на рисунке 6.17, после 1996 года описывается следующим уравнением (R^2=0,695):

$$C_{акк} = 1{,}623 \bullet EXP^{(-0{,}07 \bullet число\ лет)}, \qquad (6.36)$$

где: $C_{акк}$– аккумуляция углерода почв, тонн С/га/год;
число лет – порядковое число лет после прохождения пика аккумуляции углерода (в среднем 6ой год).

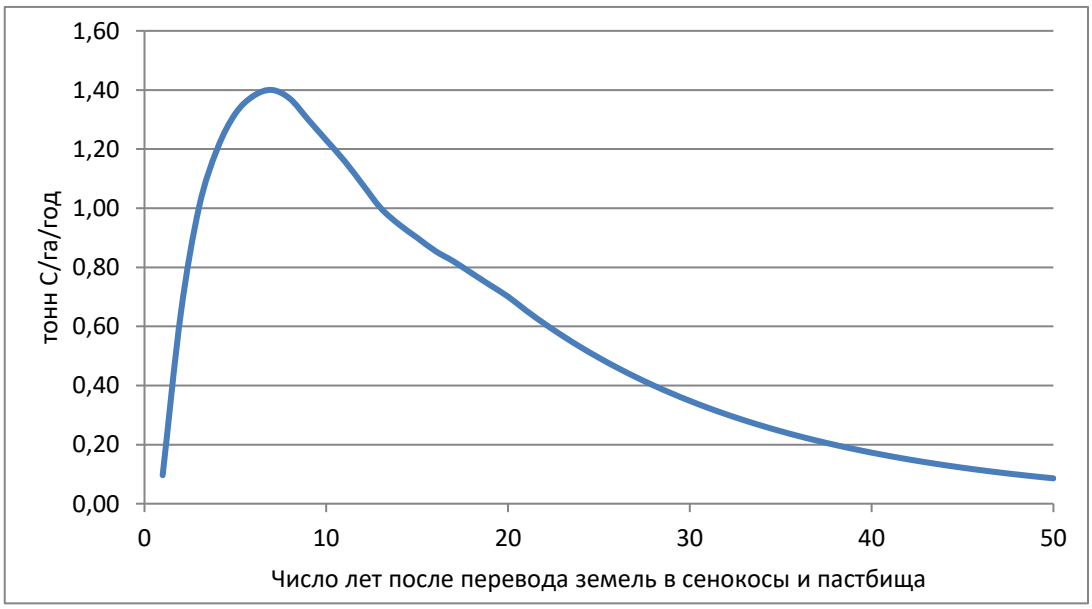

Рисунок 6.17 – Ежегодное поглощение углерода почвами земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья в течение периода 1990-2050

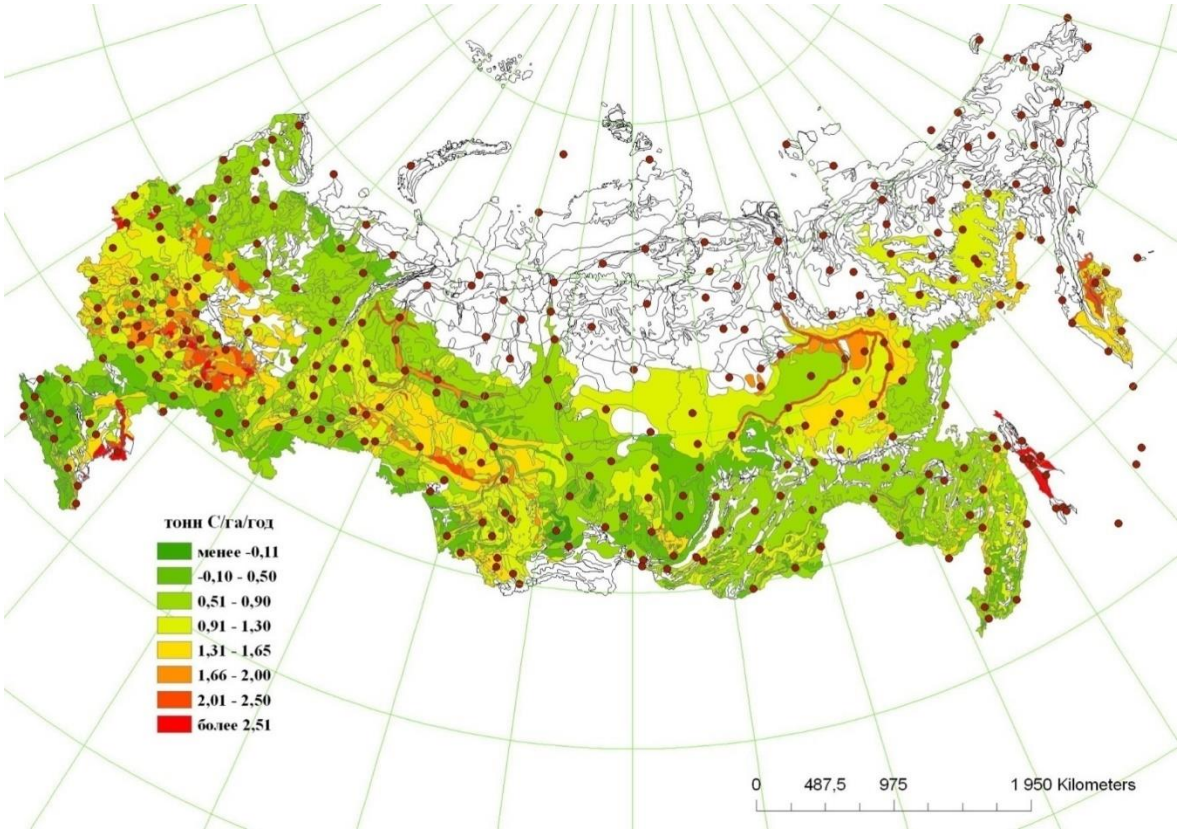

Рисунок 6.18 – Среднее изменение запасов органического углерода в почвах земель, переведенных изпахотные в кормовые угодья, за период после 2000г., тС/га в год (белый цвет соответствуют регионам, где нет пахотных земель; ● – сеть метеостанций)

Таким образом, для лет 2007-2020 гг. расчеты ежегодного накопления углерода были выполнены в соответствии с уравнением 6.36. Результаты расчетов приведены в таблице 6.44 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 приложение 3.6 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 года в СССР наблюдалась тенденция постоянного увеличения пахотных угодий, поэтому залежи, выведенные из использования до 1990 года, в кадастре отсутствуют.

Органогенные почвы. Несмотря на то, что метод, приведенный выше для минеральных почв, охватывает также оценки, выполненные для органических почв, в соответствии с рекомендациями групп экспертов по проверке нами дополнительно рассчитываются выбросы CO_2 и CH_4 от органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в сенокосы и пастбища, с использованием коэффициентов по умолчанию. Таким образом, некоторое несоответствие удельных коэффициентов, приведенных в настоящем докладе в таблице 6.44 и таблицах ОФД для минеральных почв пашен, переведенных в кормовые угодья, объясняется применением данных из таблицы 6.43 для всей площади переведенных земель (в сумме по минеральным и органическим почвам). Однако в ОФД такие суммарные оценки отнесены к минеральным почвам, в то время как для органических в таблице ОФД приведена отчетность исключительно по дополнительным выбросам CO_2 и CH_4 в результате их осушения.

Соответствующие выбросы N_2O от этих почв приведены в отчетности сектора Сельского хозяйства, категория 3D1.7.

Площади органических почв на этих землях рассчитаны на основе ежегодных долей органогенных почв в общей площади культивируемых земель (%), приведенных в таблице 5.20 (см. главу 5), и общих площадей переведенных земель.

В настоящем кадастре для оценки выброса CO_2 от органогенных почв кормовых угодий применяется методика в соответствии с уровнем 1 и коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013). Согласно рекомендациям, содержащимся в главе 2, раздел 2.2.1, выбросы CO_2 от осушенных почв происходят непосредственно на территории осушения (EF_CO_2_on-site) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO_2_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

- EF_CO_2_on-site (= 5,7 тонн С/га/год) – табл. 2.1, раздел 2.2.1.1, стр. 2.9-2.11 для луговых ценозов бореальной зоны;

- EF_CO_2_DOC (= 0,12 тонн С/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 С/га/год, который и был использован в расчетах. Результаты расчета площадей органических почв и потерь углерода с них приведены в таблице 6.44 выше.

В кадастре оценены также выбросы метана от осушенных органогенных почв кормовых угодий. При этом применены методика и рекомендуемые коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013).

Расчеты выброса CH_4 проведены в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2013). Коэффициенты соответствуют:

- Frac_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 CH_4 кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для луговых це-нозов 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 CH_4 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 CH_4 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 CH_4 кг/га/год, который и был использован в расчетах. Результаты расчетов приведены в таблице 6.44 выше.

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества. Оценка выбросов N_2O от почв при конверсии пахотных земель в земли кормовых угодий не производилась, т.к. при минерализации почвенного органического вещества (т.е. потерь) при данной конверсии не происходит.

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 ОФД). Для лесных земель, преобразованных в сенокосы и пастбища в таблицах ОФД по контролируемому выжиганию использован стандартный указатель «NA», а для природных пожаров – «NO», т.к. такой вид конверсии (из лесных земель в кормовые угодья) в России в течение 1990-2019 не происходил.

6.4.3.2.1.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность статистических исходных данных по площадям земель сельскохозяйственного назначения оценивается не более ±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 6.45. Неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные (±10%). Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет ±44,39% и ±44,63% соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы бывших пахотных угодий (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

Для оценки неопределенности результатов оценки поглощения CO_2 почвами земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья, нами 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 6.47. Ошибку суммы величин накопления углерода почвами залежных земель находили по формуле 6.37:

$$U_{sum} = \sqrt{(U_1*X_1)^2 + (U_2*X_2)^2 + \ldots + (U_n*X_n)^2} / (X_1+X_2+\ldots+X_n) \quad (6.37)$$

где: U_{sum} – общая неопределенность суммы, %;

$U_1 \ldots U_n$ – неопределенность отдельных слагаемых, %;

$x_1 \ldots x_n$ – значения слагаемых.

Таблица 6.47

Оценка неопределенности оценки поглощения CO_2 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					

Рассчитанная ошибка для суммы изменений запасов почвенного углерода бывших пахотных земель, приведенных в таблице 6.47, была принята равной ошибке определения общей величины накопления углерода в почвах этих земель в России. Таким образом, средняя ошибка оценки поглощения CO_2 на землях, переведенных из пахотных в кормовые угодья, оценивается в пределах ±14,9%, что свидетельствует о высокой точности проведенных расчетов.

Потери углерода на используемых органогенных 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 метана 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 CO_2 ±49,23% и для CH_4 ±69,70%.

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.

6.4.3.2.1.4 Обеспечение и контроль качества

В соответствии с рекомендациями групп экспертов по проверке 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).

6.4.3.2.1.5 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.

6.4.3.2.2– 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 2020 г. площадь таких земель составила 5471,8 тыс. га в сумме с 1990 г. Учитывая, что процесс зарастания происходит без прямого антропогенного вмешательства, изменения запасов углерода на этих землях не оценивались и соответствующая таблица ОФД заполнена стандартным указателем «NA».

6.4.3.2.3– Прочие земли, преобразованные в неуправляемые луговые угодья

6.4.3.2.3.1 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 ОФД. Результаты оценки изменений запасов углерода представлены в таблице 6.48.

Таблица 6.48

Площади прочих земель, переустроенных в луговые угодья, и изменения запасов углерода на них

Годы	**Площади прочих земель, переустроенных в луговые угодья, тыс. га**		**Почвенный органический углерод, тыс. тонн 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**	**Баланс**		
1990-2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2010	7,8	7,8	0,0	691,8	691,8	56,0	46,3
2011	55,1	47,3	0,0	4177,9	4177,9	338,1	279,8
2012	121,3	66,2	0,0	5852,1	5852,1	473,6	391,9
2013	121,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014	281,1	159,8	0,0	14128,4	14128,4	1143,4	946,1
2015	344,5	63,4	0,0	5608,3	5608,3	453,9	375,5
2016	448,2	103,6	0,0	9162,3	9162,3	741,5	613,5
2017	560,4	112,2	0,0	9921,7	9921,7	803,0	664,4
2018	665,9	105,5	0,0	9326,4	9326,4	754,8	624,5
2019	726,1	60,2	0,0	5324,4	5324,4	430,9	356,5
2020	809,0	82,9	0,0	7327,9	7327,9	593,1	490,7

6.4.3.2.3.2 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, нами 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 6.46. Поэтому нами было рассчитано накопление биомассы при конверсии прочих земель в луговые угодья. Результаты приведены в таблице 6.47 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 6.46.

Учитывая, что до конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует, нами рассчитано накопление углерода в данном резервуаре. Результаты приведены в таблице 6.48 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 6.4.6.2.1). Прочие земли не включают органогенные 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 Российской Федерации 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 0-30см, 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 ± 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 6.65 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.

6.4.3.2.3.3 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 6.45. 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

(±10%). Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет ±44,39% и ±44,63% соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

Учитывая, что точность площадей переведенных земель оценивается в пределах ±10%, допущение о нулевом запасе углерода почв прочих земель имеет неопределенность ±20%, а средние запасы углерода луговых почв: ±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 ±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 согласованны.

6.4.3.2.3.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.4.3.2.3.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре пересчеты по данной подкатегории выполнены в связи с уточнением матрицы земель в 2010-2020 гг.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.3.2.4– Водно-болотные угодья, преобразованные в неуправляемые луговые угодья

6.4.3.2.4.1 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 ОФД.

По данным Федерального агентства водных ресурсов (Росводоресурс)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.

6.4.3.2.4.2 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 6.45. Поэтому нами 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 6.45.

Учитывая, что до конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует, нами 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.

6.4.3.2.4.3 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 6.46. Площади переведенных затопленных земель в кормовые угодья получены на основе статистических данных Росводресурсов. Неопределенность оценки площадей принята равной ±5%.

Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет ±44,12% и ±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 согласованны.

6.4.3.2.3.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.4.3.2.3.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре пересчеты по данной подкатегории не выполнялись.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.4 Водно-болотные угодья (раздел 4.D ОФД)

6.4.4.1 Управляемые земли водно-болотных угодий (раздел 4.D.1 ОФД)

6.4.4.1.1– Характеристика подкатегории

В настоящем кадастре выполнены оценки выбросов углекислого газа, метана и закиси азота от ***управляемых земель постоянных водно-болотных угодий*** (выбросы парниковых газов при торфоразработках). Результаты расчетов приведены в таблице 6.49.

Дополнительно выполнены расчеты выбросов углекислого газа и метана от обводненных торфяников на основе данных, представленных Центром сохранения и восстановления болотных экосистем Института лесоведения РАН (Приложение 3.5). Исходные данные и результаты расчетов приведены в таблице 6.50.

6.4.4.1.2– Методология сбора данных и расчетов

Выбросы CO_2 от торфоразработок приведены в таблицах ОФД в подкатегории «управляемые водно-болотные угодья» в водно-болотных землях, управляемыми водно-болотными землями (Wetlands remaining wetlands), в категории 4.D.1.1 Peat extraction.

Площади торфоразработок доступны только для 1990, 1996, 1998-2007 годов (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 Российской Федерации от 01.06.2009 № 457 не предусмотрен сбор информации по площадям торфоразработок. Отсутствующие данные за 1991-1995 гг. и за 1997 г. получены методом интерполяции известных статистических данных. Сделано допущение, что площади в 2008-2017 гг. приняты равными площади торфоразработок в 2007 г. В 2018-2020 гг. эта площадь сократилась за счет обводнения.

Таблица 6.49

Площади управляемых водно-болотных земель (торфоразработки) и выбросы парниковых газов

Годы	Площадь, тыс. га	Выброс CO_2, тыс. т	Выброс CH_4, тыс. т	Выброс N_2O, тыс. т	Суммарный выброс, тыс т CO_2-экв.
1990	316,6	3610,3	10,4	0,15	3915,1
1995	309,6	3530,5	10,2	0,15	3828,6
2000	261,0	2976,6	8,6	0,12	3227,9
2005	223,1	2544,1	7,3	0,11	2758,9
2010	218,7	2493,9	7,2	0,10	2704,4
2011	218,7	2493,9	7,2	0,10	2704,4
2012	218,7	2493,9	7,2	0,10	2704,4
2013	218,7	2493,9	7,2	0,10	2704,4
2014	218,7	2493,9	7,2	0,10	2704,4
2015	218,7	2493,9	7,2	0,10	2704,4
2016	218,7	2493,9	7,2	0,10	2704,4
2017	218,7	2493,9	7,2	0,10	2704,4
2018	205,1	2338,4	6,7	0,10	2535,8
2019	205,1	2338,4	6,7	0,10	2535,8
2020	201,0	2291,9	6,6	0,09	2485,4

Таблица 6.50

Площади обводненных торфяников и выбросы парниковых газов в 2020 г.

Год	Варианты обводненных торфяников	Площадь, га	Поглощение (-) /выброс (+) CO_2, тыс. т	Выбросы CH_4, тыс. т	Выбросы CO_2 (DOC), тыс. т	Итого, тыс. т CO_2-экв.
2019	Обводнение	9717	17,81	2,8	8,55	96,33
	Затопление	3917	14,65	0,33	–	22,94
	Итого	13634	32,46	3,13	8,55	119,27
2020	Обводнение	13577	24,89	3,91	11,95	134,59
	Затопление	4137	15,47	0,35	–	24,23
	Итого	17714	40,36	4,26	11,95	158,83

Выброс CO_2 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 CO_2 при торфоразработках происходят непосредственно на территории осушения (EF_CO_2_on-site) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO_2_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

– EF_CO_2_on-site = 2,8 т С/га/год – табл. 2.1, стр. 2.14 для торфоразработок в умеренной зоне;

– EF_CO_2_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 6.49.

Выбросы CO_2 от обводненных торфяников рассчитаны с использованием рекомендуемых в дополнительном руководстве МГЭИК (IPCC, 2013) коэффициенты 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 3.5.

Выбросы N_2O при торфоразработках представлены в таблице 6.48 и приведены в таблицах ОФД 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»). Использованы те же исходные данные по площадям торфоразработок, как и при оценке выброса CO_2.

Применены методика и рекомендуемые коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013) для оценки выброса закиси азота.

Расчет выброса закиси азота выполнен в соответствии с коэффициентом по умолчанию для торфоразработок бореальной и умеренной зон 0,3 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 приведены в таблице 6.49.

Выбросы CH_4 при торфоразработках оценены в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2013). Использованы следующие коэффициенты:

– Frac_ditch (= 0,05) – табл. 2.4, раздел 2.2.2.1, стр. 2.25 для торфоразработок бореальной/умеренной зон;
– EF_land (= 6,1 CH_4 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 торфоразработок 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 торфоразработок приведены в таблице 6.48. Для отчетности в таблицах ОФД выбросы метана (как и закиси азота) от торфоразработок приведены в подкатегории «Торфоразработки» («Peat extraction») раздела «Выбросы и поглощение при осушении, обводнении и ином управлении» в категории земель торфоразработок («Peat extraction Land»), осушенные органические почвы («Drained Organic Soils»).

Выбросы CH_4 от обводненных торфяников рассчитаны с использованием рекомендуемых в дополнительном руководстве МГЭИК (IPCC, 2013) коэффициенты эмиссии по умолчанию применительно к участкам с гидрофильной растительностью, для участков с водной поверхностью – коэффициенты эмиссии для затопленных земель согласно руководству МГЭИК (IPCC, 2019). Значения используемых для расчетов коэффициентов приведены в приложении 3.5.

6.4.4.1.3– Неопределенность и согласованность временных рядов

В настоящем кадастре потери углерода, выбросы закиси азота и метана на управляемых водно-болотных угодьях при торфоразработках 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 торфоразработок получены методом экстраполяции данных 2007 года, поэтому их неопределенность экспертно оценивается ±50%. Совокупная неопределенность расчетов в соответствии с уровнем 1 МГЭИК определена равной для выброса CO_2 ±72,95%, для CH_4 ±94,45% и для N_2O ±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 ±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 согласованны.

6.4.4.1.4– Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра. Методика и результаты оценок по данной категории были доложены на международной научно-практической конференции в г. Томске в 2014 г. (Коротков, Романовская, 2014).

6.4.4.1.5– Пересчеты и планируемые усовершенствования

В кадастре выполнены перерасчеты выбросов парниковых газов от торфоразработок за 2008-2018 гг. в связи с пересмотром данных по площадям и в связи с использованием коэффициентов выбросов CO_2 для умеренной зоны. Кроме того, выполнен перерасчет выбросов CO_2 и CH_4 от обводненных торфяников на основе уточнения коэффициентов выбросов, предоставленных Центром сохранения и восстановления болотных экосистем Института лесоведения РАН (Приложение 3.5). Кроме того, к данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.4.2 Постоянные водные объекты и земли, переведенные в них (раздел 4.D.1.2 и 4.D.2.2 ОФД)

Учитывая, что запасы углерода на землях постоянных водных объектов не происходят, в соответствующих таблицах ОФД 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».

6.4.4.3 Неуправляемые постоянные водно-болотные угодья (раздел 4.D.1 ОФД)

Оценки потоков парниковых газов от неуправляемых постоянных водно-болотных угодий не выполнялись в связи с их естественным происхождением. Соответствующая таблица ОФД заполнена стандартным указателем «NA».

6.4.4.4 Земли, переведенные в водно-болотные угодья (раздел 4.D.2 ОФД)

6.4.4.4.1– Земли, переведенные в водохранилища

6.4.4.4.1.1 Характеристика подкатегории

В настоящем кадастре впервые выполнена оценка потерь углерода при переводе земель в земли водно-болотных угодий (затопление земель в результате строительства водохранилищ). Результаты расчетов приведены в таблице 6.51.

Таблица 6.51

Потери углерода при обводнении площадей (тыс. га.) 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
2011	0,02	0,03
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
2018-2020	0,00	0,00

6.4.4.4.1.2 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 затапливаемых земель с учетом начальной категории землепользования и рассчитаны потери углерода и выбросы CO_2 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 Российской Федерации, предоставленным Рослесхозом, перевод земель лесного фонда в земли водного фонда осуществлялся в 2008 г. и в 2011 г.

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 Российской Федерации (см. таблицу 6.61).

Принято, что при затоплении пашни и прочих земель потерь углерода не происходит, так как биомасса и дебрис до перевода на этих землях и после затапливания отсутствует.

Потери углерода при затапливании 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 затапливании в Руководстве МГЭИК 2006 года (глава 7, стр. 7.23) отсутствуют. Поэтому принимается, что углерод почв полностью консервируется при затоплении земель и его потерь не происходит.

6.4.4.4.1.3 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 разделах главы 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.

6.4.4.4.1.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.4.4.4.1.5 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.

6.4.4.4.2 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 ОФД заполнена стандартным указателем «NA».

6.4.4.5 Пожары на землях водно-болотных угодий (раздел 4.V ОФД)

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 6.4.1). Поэтому в настоящем кадастре во избежание двойного учета соответствующие ячейки в таблице ОФД заполнены стандартным указателем «IE».

6.4.5 Земли поселений (раздел 4.E ОФД)

6.4.5.1 Земли поселений, остающиеся поселениями (раздел 4.E.1 ОФД)

6.4.5.1.1– 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 в виду систематической уборки опада, отпада древесных растений и кошению травяного покрова. Таким образом, эта категория нами не оценивалась и в таблицах ОФД 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 с их территории 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 ОФД использован стандартный указатель «NO».

6.4.5.2 Земли, переустроенные в поселения (раздел 4.E.2 ОФД)

6.4.5.2.1– Лесные земли, переустроенные в поселения (раздел 4.E.2 ОФД)

6.4.5.2.1.1 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 6.4.5.2.1.2 Методология.

Общие площади обезлесения сократились с 55,5 тыс. га в 1990г. до 5,1 тыс. га в 2020г. Результаты расчета потерь углерода при обезлесении показаны в таблице 6.70 и по регионам РФ за 2020 г. в табл. П.3.3.7 приложения 3.3. Начиная с 1990 г. по 2020 г. общая площадь обезлесения составила 726,4 тыс. га, а общий выброс углерода оценен в 273,3 млн. т CO_2, или в среднем 8,8 млн. т CO_2 год$^{-1}$.

Результаты оценки прямого и косвенного выбросов закиси азота при минерализации почвенного органического вещества по лесным землям, переведенным в земли поселений, приведены в таблице 6.52.

Таблица 6.52

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	1,74	0,39	2,13
1995	1,37	0,31	1,67
2000	1,03	0,23	1,27
2005	0,67	0,15	0,83
2009	0,78	0,17	0,95
2010	0,41	0,09	0,50
2011	1,01	0,23	1,24
2012	0,48	0,11	0,59
2013	0,56	0,13	0,68
2014	0,38	0,09	0,46
2015	1,34	0,30	1,64

Продолжение таблицы 6.52

Годы	Прямой выброс	Косвенный выброс	Всего
2016	0,44	0,10	0,54
2017	0,63	0,14	0,78
2018	0,40	0,09	0,49
2019	2,07	0,47	2,54
2020	0,30	0,07	0,37

6.4.5.2.1.2 Методология

В связи с отсутствием специализированных статистических форм по обезлесению, по рекомендации международной группы экспертов по проверке НДК (2010 г.) были собраны статистические данные о строительстве объектов инфраструктуры (газопроводы магистральные и отводы от них, новые железнодорожные линии и вторые пути, взлетно-посадочные полосы, 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 2000-2020 годах выполнена на основе региональных данных Росстата о строительстве объектов инфраструктуры, полученной из Центральной базы статистических данных (раздел «Производственное строительство») на официальном сайте Росстата (http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi#1). В качестве дополнительных источников данных об обезлесении были использованы справки о переводе земель лесного фонда в земли иных категорий, по которым приняты распоряжения Правительства Российской Федерации, предоставленные Рослесхозом. Таким образом, для оценки площадей обезлесения за период с 2008 по 2020 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. 6.53). 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. 6.54). 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 6.54 приведены статистические данные по строительству объектов линейной инфраструктуры в 2020 г.

Для оценки площади, отводимой под объекты инфраструктуры, были использованы существующие нормы отвода земель согласно строительным нормам и правилам, утвержденным в Российской Федерации (табл. 6.56). 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.

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 ЕМИСС (fedstat.ru) и учитывает соотношение площади покрытых лесом земель к общей площади региона. В качестве примера, в таблице 6.57 приведены значения лесистости по регионам страны для некоторых лет периода 2000-2020. Для периода с 1990 г. по 1999 г. 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 6.53

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**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Управляемые леса																
Надземная биомасса	*1465,2*	*892,0*	*733,2*	*596,3*	*629,0*	*590,9*	*583,3*	*545,5*	*569,8*	*582,6*	*714,8*	*290,0*	*604,8*	*678,0*	569,3	*143,8*
Подземная биомасса	*400,6*	*249,1*	*191,6*	*154,0*	*165,6*	*153,5*	*150,2*	*143,7*	*147,5*	*149,8*	*192,5*	*76,4*	*136,9*	*179,4*	166,7	*40,7*
Мертвая древесина	*369,0*	*226,2*	*190,3*	*157,6*	*164,8*	*155,8*	*149,6*	*142,8*	*144,8*	*152,2*	*188,1*	*76,3*	*142,9*	*186,6*	147,9	*35,1*
Подстилка	*330,0*	*209,7*	*155,9*	*139,0*	*146,0*	*124,0*	*125,1*	*122,9*	*121,1*	*127,7*	*126,7*	*57,4*	*112,3*	*157,7*	171,6	*30,8*
Почва с неполн*.	*357,6*	*338,9*	*298,1*	*284,3*	*273,3*	*264,6*	*250,1*	*240,5*	*222,8*	*207,5*	*177,0*	*161,1*	*151,2*	*144,8*	104,2	*99,0*
Почва с полн.	*788,6*	*527,0*	*401,4*	*304,7*	*295,9*	*221,5*	*254,3*	*230,7*	*231,6*	*230,6*	*399,6*	*119,5*	*616,1*	*196,2*	992,4	*113,7*
Управляемые кустарники																
Надземная биомасса	*16,6*	*12,1*	*1,6*	*0,9*	*1,3*	*0,8*	*1,2*	*0,9*	*1,7*	*1,6*	*5,5*	*0,8*	*5,3*	*1,2*	6,9	*1,6*
Подземная биомасса	*33,3*	*23,5*	*2,6*	*1,4*	*2,4*	*1,3*	*1,9*	*1,4*	*2,9*	*2,4*	*11,4*	*1,3*	*9,1*	*1,8*	10,9	*3,0*
Мертвая древесина	*10,8*	*7,6*	*0,9*	*0,5*	*0,8*	*0,4*	*0,7*	*0,5*	*1,0*	*0,8*	*3,7*	*0,4*	*3,1*	*0,6*	3,6	*1,0*
Подстилка	*9,5*	*7,6*	*0,9*	*0,6*	*1,0*	*0,5*	*0,8*	*0,7*	*1,1*	*1,0*	*4,0*	*0,7*	*2,9*	*1,5*	7,5	*1,1*
Почва с неполн.*	*29,8*	*31,8*	*30,3*	*28,8*	*27,5*	*26,4*	*24,7*	*23,4*	*21,4*	*19,5*	*16,6*	*14,7*	*13,4*	*12,1*	4,8	*4,9*
Почва с полн.	*82,5*	*67,5*	*7,6*	*4,7*	*10,3*	*4,7*	*6,5*	*3,9*	*6,1*	*6,4*	*7,6*	*5,3*	*63,2*	*9,0*	204,3	*6,1*
Неуправляемые леса																
Надземная биомасса	*393,3*	*288,8*	*248,0*	*194,7*	*203,0*	*210,6*	*198,2*	*189,5*	*194,4*	*190,0*	*151,2*	*68,0*	*75,4*	*98,5*	158,8	*26,3*
Подземная биомасса	*107,5*	*80,6*	*65,8*	*51,6*	*54,3*	*55,7*	*52,2*	*51,0*	*51,6*	*50,1*	*40,4*	*18,4*	*19,0*	*28,4*	54,4	*7,7*
Мертвая древесина	*99,0*	*73,2*	*63,7*	*50,5*	*52,4*	*55,8*	*50,8*	*49,4*	*48,8*	*48,8*	*39,2*	*16,8*	*18,2*	*25,6*	37,6	*6,4*
Подстилка	*88,6*	*67,9*	*45,7*	*38,0*	*38,3*	*38,1*	*35,6*	*35,0*	*36,0*	*33,1*	*25,3*	*11,4*	*13,0*	*22,0*	57,9	*6,3*
Почва с неполн.*	*141,3*	*126,8*	*106,6*	*100,3*	*95,1*	*91,3*	*85,2*	*81,0*	*73,8*	*67,4*	*55,4*	*51,1*	*47,7*	*45,1*	28,7	*26,7*
Почва с полн.	*211,7*	*170,6*	*126,5*	*89,5*	*82,1*	*62,7*	*64,1*	*53,0*	*51,3*	*50,6*	*76,5*	*27,9*	*65,6*	*45,4*	498,6	*31,5*
Неуправляемые кустарники																
Надземная биомасса	*6,8*	*5,0*	*0,7*	*0,4*	*0,4*	*0,3*	*0,4*	*0,4*	*0,6*	*0,6*	*0,9*	*0,3*	*0,4*	*0,6*	4,7	*0,2*
Подземная биомасса	*13,6*	*9,6*	*1,3*	*0,6*	*0,7*	*0,4*	*0,6*	*0,7*	*1,0*	*0,9*	*1,6*	*0,5*	*0,7*	*0,9*	7,3	*0,4*
Мертвая древесина	*4,4*	*3,1*	*0,4*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,3*	*0,3*	*0,5*	*0,2*	*0,2*	*0,3*	2,4	*0,1*
Подстилка	*3,9*	*3,1*	*0,4*	*0,3*	*0,3*	*0,2*	*0,3*	*0,3*	*0,4*	*0,4*	*0,7*	*0,3*	*0,3*	*0,7*	5,2	*0,2*
Почва с неполн.*	*12,2*	*13,0*	*12,4*	*11,8*	*11,3*	*10,8*	*10,1*	*9,6*	*8,7*	*8,0*	*6,5*	*5,7*	*5,1*	*4,6*	1,8	*1,7*
Почва с полн.	*33,7*	*27,7*	*3,5*	*1,6*	*2,0*	*1,3*	*1,8*	*1,3*	*1,5*	*1,9*	*2,0*	*1,7*	*6,0*	*3,3*	145,0	*1,7*
Итого по всем землям, покрытым лесной растительностью																
Биомасса	*2436,9*	*1560,8*	*1244,9*	*999,8*	*1056,7*	*1013,5*	*988,0*	*933,1*	*969,4*	*978,1*	*1118,3*	*455,6*	*851,6*	*988,7*	979,0	*223,6*
Мертвая древесина	*483,2*	*310,1*	*255,3*	*208,7*	*218,2*	*212,2*	*201,2*	*192,9*	*195,0*	*202,1*	*231,5*	*93,7*	*164,5*	*213,1*	191,5	*42,6*
Подстилка	*431,9*	*288,4*	*202,9*	*177,9*	*185,6*	*162,9*	*161,7*	*158,8*	*158,6*	*162,2*	*156,7*	*69,8*	*128,5*	*181,9*	242,2	*38,4*
Почва с неполн.	*540,9*	*510,6*	*447,4*	*425,3*	*407,2*	*393,0*	*370,0*	*354,5*	*326,7*	*302,4*	*255,4*	*232,7*	*217,4*	*206,6*	139,5	*132,4*
Почва с полн.*	*1116,6*	*792,9*	*539,0*	*400,5*	*390,3*	*290,2*	*326,8*	*288,9*	*290,6*	*289,6*	*485,8*	*154,3*	*750,9*	*254,0*	1840,3	*153,1*
Все пулы	*5009,5*	*3462,9*	*2689,3*	*2212,3*	*2258,0*	*2071,8*	*2047,7*	*1928,1*	*1940,3*	*1934,4*	*2247,6*	*1006,1*	*2112,9*	*1844,3*	3392,5	*590,1*

**включены потери углерода почвы при неполном его окислении в течение 20-летнего периода*

Таблица 6.54

Ввод в действие мощностей за отчетный год

Субъект РФ	Газопроводы магистральные и отводы от них, км	Нефтепроводы магистральные, км	Нефтепродуктопроводы магистральные региональные, км	Радиорелейные 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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0
Брянская область	0,0	56,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	19,4	22,7
Владимирская область	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Воронежская область	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	10,7	0,7
Ивановская область	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Калужская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Костромская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Курская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,4	66,8
Липецкая область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	46,1	108,0
Московская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0
Орловская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6	36,1
Рязанская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Смоленская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	61,1	195,5
Тамбовская область	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0
Тверская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,7	112,3
Тульская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0
Ярославская область	32,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	91,7
Республика Карелия	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Коми	61,4	70,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Архангельская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
Вологодская область	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0
Калининградская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0
Ленинградская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Продолжение таблицы 6.54

Субъект РФ	Газопроводы магистральные и отводы от них, км	Нефтепроводы магистральные, км	Нефтепродуктопроводы магистральные региональные, км	Радиорелейные 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
Мурманская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,8	0,0	0,0
Новгородская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Псковская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ненецкий автономный округ	0,0	33,4	0,0	0,0	64,0	0,0	89,6	0,0	0,0
Республика Адыгея	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Калмыкия	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0
Республика Крым	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Краснодарский край	495,0	0,5	0,0	5909,6	4,0	0,0	34,7	53,5	0,0
Астраханская область	0,0	0,0	0,0	166,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Волгоградская область	0,0	0,0	0,0	325,4	0,0	0,0	1,3	16,5	0,0
Ростовская область	0,0	0,0	0,0	1241,7	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0
Республика Дагестан	0,0	0,0	0,0	1208,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Ингушетия	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Кабардино-Балкарская Республика	0,0	0,0	0,0	46,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Карачаево-Черкесская Республика	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Северная Осетия — Алания	0,0	0,0	0,0	325,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Чеченская Республика	0,0	0,0	0,0	418,3	0,0	0,0	111,9	0,0	0,0
Ставропольский край	2,0	0,0	0,0	1865,8	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Башкортостан	18,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,2	2,7
Республика Марий Эл	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Мордовия	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0
Республика Татарстан	0,0	8,9	0,0	7,0	484,0	0,0	46,5	210,1	490,4

Продолжение таблицы 6.54

Субъект РФ	Газопроводы магистральные и отводы от них, км	Нефтепроводы магистральные, км	Нефтепродуктопроводы магистральные региональные, км	Радиорелейные 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
Удмуртская Республика	0,0	1,2	0,0	0,0	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Чувашская Республика	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Кировская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0
Нижегородская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Оренбургская область	0,0	0,0	0,0	0,0	222,0	0,0	16,0	216,1	17,9
Пензенская область	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0
Пермский край	0,0	0,5	0,0	0,0	151,0	2,0	31,4	0,0	20,9
Самарская область	0,0	0,8	0,0	0,0	78,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Саратовская область	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	2,0	0,0	0,0
Ульяновская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Курганская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Свердловская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0
Тюменская область	0,0	0,0	0,0	0,0	136,0	0,0	4,2	0,0	0,0
Челябинская область	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0
Ханты-Мансийский автономный округ — Югра	0,1	0,0	0,0	0,0	3505,0	2,0	104,3	0,0	0,0
Ямало-Ненецкий автономный округ	88,1	0,0	0,0	166,4	331,4	92,0	261,0	0,0	0,0
Республика Алтай	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Бурятия	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
Республика Тыва	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0
Республика Хакасия	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	38,5	55,6
Алтайский край	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,7	33,0
Забайкальский край	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Красноярский край	0,0	0,0	0,0	0,0	208,0	8,0	19,4	0,0	0,0
Иркутская область	0,0	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	57,4	0,0	0,0

Продолжение таблицы 6.54

Субъект РФ	Газопроводы магистральные и отводы от них, км	Нефтепроводы магистральные, км	Нефтепродуктопроводы магистральные региональные, км	Радиорелейные 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
Кемеровская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,6	0,0	0,0
Новосибирская область	188,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,2	40,6
Омская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
Томская область	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Саха (Якутия)	20,9	0,0	0,0	0,0	131,0	0,0	911,1	0,0	0,0
Камчатский край	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0
Приморский край	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	347,2	0,0	0,0
Хабаровский край	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Амурская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	130,0	0,0	0,0
Магаданская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	121,2	0,0	0,0
Сахалинская область	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Еврейская автономная область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Чукотский автономный округ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

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 годы 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 6.56, были определены площади отвода земель под их строительство.

Таблица 6.55

Перевод земель лесного фонда в земли иных категорий, по которым приняты распоряжения Правительства Российской Федерации за 2020 год

Субъект Российской Федерации	№ распоряжения Правительства Российской Федерации	Площадь перевода земель лесного фонда в земли иных категорий (га)	Категория земель
Республика Бурятия	733-р от 25.03.2020	34,8	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**34,8**	
Республика Саха (Якутия)	2908-р от 09.11.2020	73,4816	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**73,4816**	
Пермский край	1409-р от 28.05.2020	20,5024	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**20,5024**	
Амурская область	35-р от 18.01.2020	35,2351	**земли промышленности и иного специального назначения**
	1606-р от 17.06.2020	2,1233	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**37,3584**	
Вологодская область	904-р от 06.04.2020	17,18	**земли промышленности и иного специального назначения**
	2479-р от 28.09.2020	12,5	**земли особо охраняемых территорий и объектов**
Итого		**29,68**	
Калужская область	257-р от 12.02.2020	0,5002	**земли промышленности и иного специального назначения**
	330-р от 18.02.2020	2,0537	**земли промышленности и иного специального назначения**
	1375-р от 22.05.2020	13,1004	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**15,6543**	
Кировская область	2786-р от 27.10.2020	0,06	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**0,06**	
Ленинградская область	197-р от 04.02.2020	64,3812	**земли промышленности и иного специального назначения**
	1140-р от 24.04.2020	9,5675	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**73,9487**	
Московская область	406-р от 22.02.2020	3,9337	**земли промышленности и иного специального назначения**

	407-р от 22.02.2020	5,2977	**земли промышленности и иного специального назначения**
	408-р от 22.02.2020	1,2524	**земли промышленности и иного специального назначения**
	1408-р от 28.05.2020	9,692	**земли промышленности и иного специального назначения**
	1679-р от 25.06.2020	6,7056	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**26,8814**	
Новгородская область	36-р от 21.01.2020	0,8	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**0,8**	
Сахалинская область	425-р от 26.02.2020	146,0394	**земли промышленности и иного специального назначения**
	1344-р от 20.05.2020	3,1829	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**149,2223**	
Свердловская область	800-р от 31.03.2020	8,4	**земли особо охраняемых территорий и объектов**
Итого		**8,4**	
Тюменская область	184-р от 03.02.2020	4,24	**земли особо охраняемых территорий и объектов**
Тюменская область	185-р от 03.02.2020	29,8	**земли особо охраняемых территорий и объектов**
	1977-р от 29.07.2020	48,1039	**земли промышленности и иного специального назначения**
	2771-р от 26.10.2020	39,3	**земли особо охраняемых территорий и объектов**
	2772-р от 26.10.2020	36	**земли особо охраняемых территорий и объектов**
Итого		**157,4439**	
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	1339-р от 20.05.2020	0,126	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**0,126**	
Ямало-Ненецкий автономный округ	34-р от 18.01.2020	170,867	**земли промышленности и иного специального назначения**
Итого		**170,867**	
Всего по России		**799,226**	

Таблица 6.56

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**	
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
Междугородние 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

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, междугородние 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 2020 годы (см. табл. 6.58. 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 г. для обоих рассмотренных вариантов.

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 6.59.

Таблица 6.57

Лесистость территории по регионам Российской Федерации, %

Субъект РФ	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Белгородская область	8,5	8,6	8,6	8,6	8,5	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,7	8,7	8,7
Брянская область	32,4	32,9	33	33	32,9	32,9	32,9	32,8	32,8	32,8	32,8	32,8	32,8
Владимирская область	50,4	51	51,1	50,7	50,8	50,6	50,6	50,9	50,9	50,9	51,3	51,3	51,3
Воронежская область	8,4	8,3	8,1	8,1	8	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,2	8,2	8,2
Ивановская область	45,6	46,9	46,8	46,6	45,8	45,7	46,1	46,4	46,4	46,4	46,2	46,2	46,2
Калужская область	44,6	44,8	45,4	45,3	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	44,9	44,9	44,9
Костромская область	73,5	74	74,3	74,2	74,3	74,3	74,3	74,3	74,3	74,3	73,9	73,9	73,9
Курская область	7,8	7,9	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Липецкая область	8	7,6	7,2	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	8,5	8,5	8,5
Московская область	41	41	42,5	43,4	43	42,9	42,8	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7
Орловская область	7,8	7,8	8	8	8	7,5	5,3	7,8	7,8	7,8	8,0	8,0	8,0
Рязанская область	25,4	25,3	25,4	24,8	23,7	23,7	24	24	24	24	25,0	25,0	25,0
Смоленская область	41,1	40,8	42,2	42,1	42	42	42	42	42	42	41,8	41,8	41,8
Тамбовская область	10,3	10,5	10,3	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,6	10,6	10,6
Тверская область	53,7	53,8	54,9	55	55	55	55	54,9	54,9	54,9	54,7	54,7	54,7
Тульская область	13,5	13,8	14,4	14,3	14,3	14,3	14,2	14,2	14,2	14,2	14,3	14,3	14,3
Ярославская область	45,2	45,4	45,2	45,1	45,2	45,2	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4
Республика Карелия	52	52,6	52,7	52,8	52,8	52,9	52,9	52,9	52,9	52,9	53,1	53,1	53,1
Республика Коми	72,1	72,4	72,7	72,7	72,7	72,7	72,8	72,8	72,8	72,8	72,8	72,8	72,8
Архангельская область	53,5	54,1	54,1	54	54	54	54	54	54	54	54,0	54,0	54,0
Вологодская область	69,4	69,9	69,6	69,5	69,4	69,3	69,2	69,2	69,2	69,2	68,8	68,8	68,8
Калининградская область	19,5	18,3	18,5	18,5	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,7	18,7	18,7
Ленинградская область	56	55,6	57,3	57,3	57,3	57,1	57,1	57,1	57,1	57,1	57,4	57,4	57,4
Мурманская область	36,3	36,9	37,3	37,3	37,3	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4
Новгородская область	64,1	64,4	64,4	64,4	63,5	63,5	63,6	63,8	63,8	63,8	64,2	64,2	64,2
Псковская область	38,1	38,3	38,4	38,6	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7	38,8	38,8	38,8
Ненецкий автономный округ	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	18,0	18,0	18,0
Республика Адыгея	36,4	37,3	36,7	36,7	36,7	36,7	36,8	36,8	36,8	36,8	36,7	36,7	36,7

Продолжение таблицы 6.57

Субъект РФ	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Республика Дагестан	8,7	8,8	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Республика Ингушетия	39,8	21,5	21,8	21,8	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9
Кабардино-Балкарская Республика	14,9	16,7	15,2	15,3	15,3	15,3	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
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	29,9	30	30	30	30	30	30	30,1	30,1	30,1
Республика Северная Осетия-Алания	23,3	23,7	24,1	24,1	24,1	24,1	24	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3
Чеченская Республика	19,1	19,1	21,1	21,2	21,2	21,2	20,9	21,5	21,5	21,5	21,0	21,0	21,0
Краснодарский край	20,2	20,4	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2
Ставропольский край	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	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	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8
Волгоградская область	4,4	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	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	39,8	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
Республика Марий Эл	55,1	55,6	53,7	53,6	53,5	53,5	54,2	54,4	54,4	54,4	56,0	56,0	56,0
Республика Мордовия	26,5	27	27	26,6	26,5	26,4	26,4	27	27	27	27,1	27,1	27,1
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	17,5
Удмуртская Республка	45,8	46,4	46,7	46,7	46,5	46,5	46,4	46,3	46,3	46,3	46,1	46,1	46,1
Чувашская Республика	31,3	32	32,4	32,2	32,3	32,2	32,1	32,1	32,1	32,1	32,3	32,3	32,3
Кировская область	62,8	63,5	63,6	63,5	63,3	63,2	63,1	62,9	62,9	62,9	62,6	62,6	62,6
Нижегородская область	47,3	48	46,8	46,6	46,6	46,7	46,6	46,5	46,5	46,5	47,9	47,9	47,9
Оренбургская область	4,5	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Пензенская область	21,3	21,4	21,2	19,8	19,8	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5
Пермский край	66,5	69	71,5	71,4	71,4	71,5	71,4	71,4	71,4	71,4	71,5	71,5	71,5
Самарская область	12,6	12,7	12,8	12,8	12,8	12,8	12,7	12,7	12,7	12,7	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	6,3	6,3	6,3
Ульяновская область	26,4	26,7	26,4	26,4	26,3	26,3	26,3	26,4	26,4	26,4	26,6	26,6	26,6
Курганская область	22,3	21,4	21,8	21,8	21,7	21,8	22,1	22,1	22,1	22,1	22,4	22,4	22,4

Продолжение таблицы 6.57

Субъект РФ	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Свердловская область	66,9	67,5	68,6	68,5	68,5	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,7	68,7	68,7
Тюменская область	40,7	42,2	43,5	43,4	43,2	44	44,2	44,2	44,2	44,2	44,1	44,1	44,1
Челябинская область	28,5	29,2	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,5	29,5	29,5
Ханты-Мансийский автономный округ	52	53,7	54	54	53,9	53,9	53,9	53,9	53,9	53,9	53,8	53,8	53,8
Ямало-Ненецкий автономный округ	21,1	21,1	21,8	21,8	21,2	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,8	20,8	20,8
Республика Алтай	42,4	42,8	44,4	44,3	44,3	44,4	44,3	44,3	44,3	44,3	44,4	44,4	44,4
Республика Бурятия	63,4	63,6	63,5	63,7	63,8	63,8	63,8	63,7	63,7	63,7	63,7	63,7	63,7
Республика Тыва	48	47,7	49,8	49,8	49,8	49,8	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7
Республика Хакасия	48	48,4	49,7	49,7	49,7	49,8	49,8	49,8	49,8	49,8	49,9	49,9	49,9
Алтайский край	21,3	21,7	22,6	22,6	22,6	22,6	22,7	22,7	22,7	22,7	22,9	22,9	22,9
Красноярский край	72,1	72,1	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,1	45,1	45,1
Иркутская область	80,4	82	83,1	83,1	83	83,1	83	82,8	82,8	82,8	82,5	82,5	82,5
Кемеровская область	58,7	60,3	60,2	60,3	59,9	59,9	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8
Новосибирская область	26,1	26,3	26,7	26,7	26,7	26,9	26,9	27,1	27,1	27,1	27,3	27,3	27,3
Омская область	31,7	32,3	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,2	32,2	32,2	32,3	32,3	32,3
Томская область	59,4	60,5	62	62,1	61,8	61,8	61,7	61,6	61,6	61,6	61,3	61,3	61,3
Забайкальский край	69,6	70,1	68,3	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,3	68,3	68,3
Республика Саха (Якутия)	46,7	46,6	51,2	51,1	51,2	51,1	50,9	51	51	51	50,7	50,7	50,7
Приморский край	76,1	76,1	77,9	78	77,6	77,5	77,3	77,3	77,3	77,3	77,2	77,2	77,2
Хабаровский край	68,2	66,2	66,7	66,4	66	66	66,1	66,2	66,2	66,2	66,4	66,4	66,4
Амурская область	63,9	64,4	65	65,3	65,4	65,4	65,4	65,4	65,4	65,4	65,3	65,3	65,3
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	37,4	37,4
Сахалинская область	64,8	65,4	67,7	67,7	67,8	67,9	68,1	68,1	68,1	68,1	68,0	68,0	68,0
Еврейская автономная область	45,1	45,2	45,4	45,4	45,3	45,3	45,2	45,3	45,3	45,3	45,0	45,0	45,0
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	8,9	8,9	8,9

Таблица 6.58

Оценка площади обезлесения в 2000-2020 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	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Белгородская область	42,7	45,8	44,0	79,4	79,1	155,8	82,6	63,3	54,2	41,2	24,6	0,9	0,0	1,1
Брянская область	216,9	16,4	19,2	12,2	298,8	242,4	85,4	81,2	139,5	93,1	61,1	53,7	38,1	71,8
Владимирская область	47,5	190,3	231,3	1,0	114,5	10,9	70,7	128,7	5,2	7,1	53,8	105,1	3,0	5,1
Воронежская область	67,5	61,6	7,9	28,2	18,6	29,5	37,4	40,0	32,9	24,7	23,8	3,4	9,7	1,4
Ивановская область	63,7	162,9	134,2	38,2	233,4	36,5	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,7
Калужская область	109,9	183,5	132,1	60,1	48,2	0,4	41,0	34,3	67,1	0,0	75,3	34,3	90,4	16,8
Костромская область	212,4	86,6	25,8	1,9	0,0	0,0	13,4	14,7	6,3	0,0	0,0	3,3	0,7	0,0
Курская область	9,6	29,9	24,2	11,9	22,8	15,1	24,3	15,8	11,9	12,0	16,6	316,2	10,3	8,2
Липецкая область	40,5	39,1	13,4	18,8	21,0	64,3	35,9	193,5	18,1	19,7	21,8	23,4	15,8	12,1
Московская область	284,2	429,6	296,5	292,0	555,0	2193,1	1574,8	2810,2	1626,8	2037,6	1006,6	572,0	74,2	33,6
Орловская область	25,0	6,1	2,0	18,0	11,7	5,0	21,3	10,0	6,2	14,5	5,1	6,0	4,9	4,4
Рязанская область	216,5	97,0	35,7	53,7	51,7	29,3	24,8	34,3	37,2	13,9	33,0	4,2	43,5	0,0
Смоленская область	79,9	45,0	40,9	89,7	471,7	153,5	203,5	153,8	134,1	140,2	494,1	227,7	129,5	92,6
Тамбовская область	72,1	27,0	7,4	14,7	9,1	0,9	24,9	2,1	22,9	2,1	0,3	2,9	5,8	1,0
Тверская область	340,8	594,4	226,1	159,4	459,1	125,8	534,8	239,5	240,8	444,3	523,2	142,4	69,8	78,3
Тульская область	68,0	9,4	3,0	35,5	34,2	19,3	2,9	0,0	0,3	0,0	58,5	0,0	0,1	1,6
Ярославская область	122,8	415,2	124,7	106,6	368,3	127,3	164,3	153,9	123,0	114,6	56,6	56,8	62,6	85,9
Республика Карелия	221,9	48,3	3,3	206,7	343,9	0,0	27,2	1,5	0,0	20,3	42,4	141,7	126,2	0,0
Республика Коми	1060,9	321,6	138,2	359,4	94,4	2891,3	803,4	1458,3	640,8	1064,3	88,9	371,4	480,6	307,5
Архангельская область	291,5	344,0	35,0	249,2	344,9	393,2	7,4	57,8	44,3	19,2	2454,7	5,2	1927,8	0,4
Вологодская область	829,9	762,2	431,9	14,4	36,1	2592,0	0,0	30,3	1315,4	7,6	190,9	3,4	346,4	38,0

Продолжение таблицы 6.58

Субъект РФ	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Калининградская область	25,0	16,5	0,2	2,4	14,7	0,1	41,3	2,0	0,3	5,2	18,4	102,7	15,0	0,3
Ленинградская область	331,7	261,8	372,8	70,8	159,0	897,7	219,2	243,8	198,3	169,7	66,3	144,5	966,0	73,9
Мурманская область	59,0	8,1	48,0	0,7	0,0	9,0	7,6	23,0	0,2	3,2	42,0	0,0	0,0	36,9
Новгородская область	223,9	89,1	116,6	114,5	428,7	16,0	0,8	0,0	1309,7	0,0	0,0	5,6	123,1	0,8
Псковская область	128,6	98,6	42,4	51,5	0,3	3,0	3,4	1,8	0,0	3,8	8,8	125,4	0,9	0,0
Ненецкий автономный округ	0,0	0,5	0,6	0,8	6,8	6,3	6,4	3,9	0,2	0,4	0,5	6,7	7,8	47,6
Республика Адыгея	68,4	17,7	7,2	0,1	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Калмыкия	0,4	0,3	4,6	24,1	11,0	10,7	12,2	19,4	10,8	2,4	0,3	0,8	4,7	1,7
Краснодарский край	121,9	206,7	0,0	2,8	66,9	1,0	8,2	24,1	0,0	0,5	0,0	0,1	21,0	0,1
Астраханская область	8,3	8,9	0,5	8,5	9,9	1,2	2,4	3,7	1,3	0,3	0,0	0,1	3,1	0,1
Волгоградская область	104,7	57,8	2,2	0,3	0,3	0,8	0,8	0,3	1,2	0,0	37,5	0,0	0,0	0,0
Ростовская область	48,2	35,3	1,2	0,8	7,1	0,7	4,4	2,7	39,5	0,3	0,0	1,4	3,1	0,2
Республика Дагестан	71,4	26,6	34,1	1,1	1,3	3,7	5,4	9,4	69,7	0,3	0,9	1,4	2,5	1,6
Республика Ингушетия	322,6	2,8	0,0	0,0	0,3	0,0	6,4	0,0	1,1	0,0	0,1	6,7	32,7	37,0
Кабардино-Балкарская Республика	26,2	19,9	64,1	56,8	93,3	208,0	351,1	484,0	386,8	155,1	39,5	28,9	402,4	368,9
Карачаево-Черкесская Республика	11,9	82,5	3,4	24,6	7,6	1,5	2,6	6,6	10,4	0,5	1,1	0,4	0,8	0,7
Республика Северная Осетия — Алания	19,0	13,1	0,4	2,5	0,7	1,4	0,5	0,2	0,1	0,1	3,3	1,3	0,3	0,1
Чеченская Республика	0,0	0,0	27,3	33,3	18,1	12,9	13,0	9,2	13,0	15,1	1,3	1,0	1,1	1,9
Ставропольский край	11,0	11,9	19,3	14,5	27,3	23,3	21,5	27,5	27,6	9,6	12,3	2,0	1,9	1,1
Республика Башкортостан	2243,2	712,3	74,1	27,1	97,5	100,0	344,5	153,5	224,7	98,1	8,5	68,4	42,2	28,1

Продолжение таблицы 6.58

Субъект РФ	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Республика Марий Эл	127,9	57,6	6425,7	7,6	13,9	6,7	4,6	186,0	6,5	0,0	19,1	18,2	0,0	0,0
Республика Мордовия	86,0	112,7	2,6	2,0	6,4	10,8	72,8	33,4	19,4	61,9	28,6	9,3	2,8	0,8
Республика Татарстан	230,9	206,4	234,0	221,1	173,6	181,9	271,5	341,1	292,3	190,0	265,1	125,5	220,1	145,8
Удмуртская Республика	398,5	84,8	71,8	105,0	132,5	101,0	146,4	213,8	27,6	105,6	8,0	49,1	22,2	17,5
Чувашская Республика	208,2	145,3	27,8	16,6	23,6	56,7	18,9	18,1	15,1	15,4	37,3	0,0	5,9	0,0
Кировская область	237,2	181,9	21,5	24,9	76,9	111,1	40,9	34,1	18,3	25,4	20,1	5,4	1,1	5,1
Нижегородская область	411,8	146,9	3,7	40,5	200,5	251,8	248,4	80,4	8,6	45,4	5,2	37,3	1,8	0,0
Оренбургская область	53,2	18,5	14,0	16,2	12,2	9,9	14,3	10,8	3,0	5,4	7,7	5,3	974,2	13,4
Пензенская область	493,7	309,1	36,1	21,3	20,5	54,9	86,9	27,8	30,6	6,4	0,0	30,9	8,6	2,3
Пермский край	770,0	823,6	493,6	575,0	318,3	897,2	930,9	687,3	413,6	995,6	342,9	76,3	677,1	106,7
Самарская область	384,1	57,4	8,0	44,3	48,3	52,2	103,7	54,9	27,2	36,2	9,7	10,6	74,0	3,9
Саратовская область	69,2	58,6	19,2	17,7	10,3	17,6	31,7	65,9	41,0	7,2	8,4	6,1	18,9	0,3
Ульяновская область	28,0	43,1	0,9	0,3	3,6	36,1	141,8	3,0	5,3	0,5	11,8	0,6	0,0	0,0
Курганская область	75,0	36,1	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Свердловская область	915,5	855,2	186,9	194,4	123,5	6,7	98,1	0,0	18018,6	40,0	0,0	14,6	1541,2	8,4
Тюменская область	3081,0	2141,8	400,6	58,7	202,0	32,9	40,0	5,6	1,4	80,0	43,2	33,8	229,8	162,1
Челябинская область	245,6	91,8	1563,1	1194,8	860,4	7,3	24,2	19,7	55,4	24,5	37,1	33,0	305,3	24,4
Ханты-Мансийский автономный округ — Югра	1522,5	1934,6	14,6	19,8	31,1	97,2	18,7	31,4	224,7	333,3	191,7	297,0	190,5	4,6
Ямало-Ненецкий автономный округ	253,1	246,2	869,7	828,7	864,5	1181,9	1195,0	788,9	926,9	891,3	880,7	1189,3	943,0	934,4
Республика Алтай	67,6	46,3	422,8	229,9	67,7	406,7	127,2	261,6	647,1	406,4	78,4	54,4	219,6	172,5
Республика Бурятия	33,4	262,0	22,5	18,7	3,5	10,6	6,9	3,4	8,7	4,4	6,3	0,9	0,8	34,8
Республика Тыва	45,7	73,8	120,5	187,0	110,6	30,9	12,6	34,8	145,2	15,1	0,0	82,3	0,0	0,4

Продолжение таблицы 6.58

Субъект РФ	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Республика Хакасия	45,4	84,9	0,0	0,0	0,8	7,3	2,0	0,0	0,5	0,0	1,8	32,1	28,9	2,6
Алтайский край	213,9	164,0	0,0	2,3	8,8	77,9	0,0	10,6	0,0	8,0	111,1	151,0	71,1	42,9
Забайкальский край	119,6	179,3	62,3	59,5	80,3	36,6	35,4	83,4	89,8	68,1	159,3	43,7	40,7	26,5
Красноярский край	540,7	665,6	239,0	99,1	1,2	407,1	83,2	339,5	412,4	985,2	74,3	59,4	94,9	48,2
Иркутская область	1236,0	598,7	2160,9	1349,7	344,8	703,3	676,1	954,0	709,1	456,2	684,1	285,1	1693,4	170,3
Кемеровская область	634,9	388,7	81,6	18,6	2,5	185,3	59,4	10,2	34,7	26,2	158,4	51,6	82,1	50,8
Новосибирская область	231,3	118,6	203,3	75,1	45,5	67,3	194,5	184,4	101,4	43,2	15,8	122,1	124,6	187,1
Омская область	105,2	217,8	9,2	15,4	1,4	4,2	0,0	1,1	2,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3
Томская область	365,3	342,2	289,4	191,5	159,0	686,0	95,7	323,9	547,7	30,4	25,1	15,4	14,1	8,4
Республика Саха (Якутия)	524,7	514,9	208,2	123,9	12,6	367,7	1213,3	549,9	277,3	289,3	249,3	207,3	603,8	73,5
Камчатский край	152,8	85,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1998,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Приморский край	313,5	117,1	254,8	0,0	0,0	0,0	176,8	0,0	0,0	0,0	528,5	1,3	0,1	0,0
Хабаровский край	796,1	90,1	67,3	0,0	0,0	80,9	0,0	0,0	0,5	0,0	237,8	227,8	237,6	0,0
Амурская область	188,9	135,1	422,7	0,0	9662,7	150,5	18,8	51,5	138,8	373,9	0,0	0,0	0,0	37,4
Магаданская область	105,0	62,9	3153,3	130,7	132,8	118,4	393,3	783,3	57,4	65,6	66,7	104,1	124,5	750,7
Сахалинская область	276,0	113,7	154,2	55,5	1,2	23,4	111,2	131,6	85,3	26,2	174,0	0,2	2,5	553,7
Еврейская автономная область	44,7	200,2	535,6	139,3	5,1	875,8	49,9	42,1	84,7	9,1	25,3	997,1	141,1	0,0
Чукотский автономный округ	0,0	0,0	787,8	265,8	8,4	1665,6	1235,7	169,1	35,4	228,8	88,4	11,6	20342,3	127,3
Республика Крым	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	18,7	4,0	11,9	4,9
Итого	23881,4	17599,0	22385,3	8639,3	18337,9	19403,8	12842,2	13076,9	32334,7	10445,5	10091,7	6967,2	34118,6	5083,4

Согласно рекомендациям МГЭИК общая площадь обезлесения каждого региона (для 2000-2020 гг. (табл. 6.58)) 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 в соответствии с данными Приложения 3.3, таблицы П3.3.1.

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 6.59 и 6.60 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 1990-2020 годы.

Для расчета потерь углерода при обезлесении были использованы значения площадей, представленные в таблицах 6.59 и 6.60 (для 2000-2019 гг. расчеты выполняли по каждому региону России (табл. 6.58)), а также средние значения запасов углерода по пулам (табл. 6.60). Средние значения запасов углерода для регионов России получены делением запасов углерода по пулам, рассчитанным по формулам 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, на площадь покрытых лесной растительностью земель (табл. П3.3.1 в приложении 3.3). Запасы углерода на 1 га оценивались отдельно для лесов и насаждений с доминированием кустарников. Средние величины в целом по стране представлены в таблице 6.61.

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 1990-2020 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 (см. табл. 6.25, 6.26, 6.27) и его конечного запаса, который определен по данным таблицы 6.24 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 N_2O при минерализации почвенного органического вещества на лесных землях, переведенных в земли поселений. Оценка выбросов N_2O 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.

Таблица 6.59

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 6.60

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 почвенного органического вещества	1990	1995	2000	2005	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Управляемые	леса	полные	8,2	5,4	4,0	1,9	2,0	4,0	1,1	5,4	1,9	2,3	1,2	13,2	2,4	3,8	1,8	10,6	1,1
		частичные	32,5	19,1	11,7	9,3	9,9	11,2	4,8	7,1	11,4	6,5	7,8	14,5	6,3	4,7	3,8	10,4	2,9
	кустарники	полные	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	1,4	0,0
		частичные	2,2	1,6	1,0	0,8	0,9	0,9	0,4	0,5	0,9	0,5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	0,3
	всего	полные	8,8	5,9	4,4	2,1	2,1	4,4	1,2	5,8	2,0	2,5	1,3	13,2	2,4	3,8	1,8	11,9	1,1
		частичные	34,7	20,8	12,7	10,1	10,7	12,2	5,2	7,7	12,3	7,0	8,4	14,6	6,4	4,8	3,8	11,3	3,2
Неуправляемые	леса	полные	2,2	1,7	1,6	0,9	0,9	1,4	0,4	1,8	0,6	0,8	0,4	1,9	0,4	0,6	0,5	5,2	0,3
		частичные	8,7	6,2	4,6	4,1	4,4	3,8	1,6	2,4	3,8	2,2	2,6	2,4	1,2	0,8	0,8	4,0	0,5
	кустарники	полные	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
		частичные	0,9	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,5	0,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
	всего	полные	2,4	1,9	1,7	0,9	1,0	1,5	0,4	2,1	0,7	0,9	0,5	2,0	0,4	0,6	0,5	6,1	0,3
		частичные	9,6	6,9	5,0	4,5	4,8	4,3	1,8	2,7	4,3	2,5	3,0	2,5	1,2	0,8	0,8	4,7	0,5
Всего			55,6	35,4	23,9	17,6	18,6	22,4	8,6	18,3	19,4	12,8	13,1	32,3	10,4	10,1	7,0	34,1	5,1

Таблица 6.61

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
2009	37,00	9,73	9,31	8,39	96,39	90,50
2010	36,99	9,68	9,28	8,39	96,30	90,42
2011	36,85	9,63	9,25	8,39	96,34	90,46
2012	36,75	9,59	9,22	8,38	96,35	90,47
2013	36,75	9,59	9,21	8,38	96,36	90,48
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
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
2009	5,90	10,67	3,58	3,85	144,40	143,10
2010	5,89	10,94	3,65	3,85	144,39	143,09
2011	5,12	8,68	2,94	4,00	143,52	142,22
2012	5,15	8,72	2,96	3,99	143,55	142,25
2013	5,19	8,85	3,00	3,95	142,95	141,65
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

**Конечный запас углерода всех пулов, кроме почв при частичном окислении углерода, принят равным нулю.*

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, 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 N_2O при вымывании соединений азота из почв по умолчанию (0,0075 кг N_2O-N/кг N) в соответствии с таблицей 11.3, главы 11, тома 4 (МГЭИК, 2006).

Результаты расчета прямого и косвенного выброса N_2O при конверсии лесных земель в земли поселений приведены в таблице 6.70 выше.

В таблицах ОФД 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.E.2. Косвенные выбросы N_2O, в сумме по всем типам земель приведены в категории ОФД 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 парниковых газов 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 6.62.

Таблица 6.62

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_2O, 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
2009	8,23	0,12	0,03	31,35
2010	8,35	0,12	0,03	31,84
2011	8,63	0,12	0,03	32,88
2012	8,92	0,13	0,04	33,97
2013	9,11	0,13	0,04	34,70
2014	9,30	0,13	0,04	35,44
2015	9,90	0,14	0,04	37,27
2016	10,09	0,14	0,04	37,86
2017	10,28	0,14	0,04	38,42
2018	10,40	0,15	0,04	38,82
2019	14,44	0,15	0,04	40,75
2020	14,54	0,14	0,03	37,85

Для оценки площадей органогенных почв использована средняя доля площади земель с избыточным увлажнением от общей площади лесов в среднем по Российской Федерации, 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 изучения данного материала, было принято консервативное допущение, что в 10% случаев органогенные почвы при обезлесении осушаются. Эта величина была использована в расчетах.

Ежегодные выбросы CO_2, CH_4 и N_2O рассчитаны по следующим согласно формулам и пересчетным коэффициентам, представленным в методологии (IPCC, 2013):

$$CO_2_organic=Aосуш*EF*44/12 \quad (6.38)$$

где: CO_2_organic– выбросы CO_2 от осушенных почв, тонн CO_2;
Аосуш – площадь осушенных почв, га;
EF – коэффициент выброса CO_2 от осушенных почв, тонн С $га^{-1}$ $год^{-1}$ (использовано среднее значение между коэффициентами по умолчания для бедных и богатых органогенных почв лесов бореальной зоны, равное 0,71 тонн С $га^{-1}$ $год^{-1}$).

$$N_2O_organic = Aосуш * EFN_N2O * 44/28 \quad (6.39)$$

где: N_2O_organic– выбросы N_2O от осушенных почв, кг N_2O;
Аосуш – площадь осушенных почв, га;
EFN_ N_2O – коэффициент выброса N_2O от осушенных почв, кг N- N_2O $га^{-1}$ $год^{-1}$ (среднее значение между коэффициентами по умолчанию для бедных и богатых питательными веществами почв лесных земель бореальной зоны равно 1,71 кг N- N_2O $га^{-1}$ $год^{-1}$).

Оценка выбросов метана от осушенных органогенных почв выполняется по формуле:

$$CH_4_organic=Aосуш*(1-Fracditch)*EFland+Aосуш*Fracditch*EFditch \quad (6.40)$$

где: CH_4_organic – выбросы метана, кг CH_4;
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 CH_4 $га^{-1}$ $год^{-1}$;
EF_ditch – коэффициент выбросов для осушительных канав, кг CH_4 $га^{-1}$ $год^{-1}$.

Использовались следующие коэффициенты для лесов бореальной зоны (среднее между параметрами по умолчанию для бедных и богатых питательными веществами органогенных почв):
Frac_ditch = 0,025 CH_4 кг $га^{-1}$ $год^{-1}$;
EF_land = 4,5 CH_4 кг $га^{-1}$ $год^{-1}$.
EF_ditch = 217 CH_4 кг $га^{-1}$ $год^{-1}$.

В таблицах ОФД выбросы CH_4 и N_2O приведены в таблице 4(II) Выбросы и поглощение от осушения и обводнения и другого управления органическими и минеральными почвами.

6.4.5.2.1.3 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 парниковых газов 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 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 ±182,72%.

Неопределенность оценок потерь углерода и выбросов CH_4 и N_2O оценивается на основе диапазонов 95% доверительных интервалов по умолчанию, представленных в руководстве МГЭИК. Объединенная неопределённость 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.

6.4.5.2.1.4 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.

6.4.5.2.1.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В результате применения процедур проверки качества были обнаружены и исправлены ошибки в расчетах. Была уточнена разница запасов углерода почв до и после конверсии земель, и сделаны соответствующие перерасчеты для всех лет с 1990 года. Внесены исправления в оценку неопределенности запасов биомассы.

6.4.5.2.2 – Пахотные земли, переустроенные в поселения (раздел 4.E.2 ОФД)

6.4.5.2.2.1 Характеристика подкатегории

В кадастре выполнены оценки изменения запасов углерода при переводе пахотных земель в земли поселений. Результаты приведены в таблице 6.63.

Таблица 6.63

Площади пахотных земель, переустроенных в земли поселений и изменения запасов углерода на них

Годы	**Площади пахотных угодий, переустроенных в земли поселений, тыс. га**		**Почвенный органический углерод, тыс. тонн С в год**			**Углерод биомассы, тыс. тонн С в год**	**Углерод мортмассы, тыс. тонн С в год**
	Кумулятивная оценка	**Ежегодное изменение**	**Потери**	**Накопление**	**Баланс**		
1990	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
1995	987,15	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	-661,55	-236,92
2000	1974,30	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	-661,55	-236,92
2005	2961,45	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	-661,55	-236,92
2008	3553,74	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	-661,55	-236,92
2009	3991,80	438,06	10816,17	3903,50	-6912,67	-1467,82	-525,67
2010-2020	3991,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Прямые и косвенные выбросы закиси азота при минерализации почвенного органического вещества на землях пахотных угодий, переведенных в земли поселений, приведены в таблице 6.64.

Таблица 6.64

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на пахотных землях, переустроенных в земли поселений

Годы	Прямой выброс	Косвенный выброс	Всего
1990	0,00	0,00	0,00
1995	7,66	1,72	9,38
2000	7,66	1,72	9,38
2005	7,66	1,72	9,38
2008	7,66	1,72	9,38
2009	17,00	3,82	20,82
2010-2020	0,00	0,00	0,00

6.4.5.2.2.2 Методология сбора данных и расчетов

Учитывая требования к отчетности и рекомендации МГЭИК (2009 и 2010 гг.), была составлена матрица перевода земель в соответствии с земельными категориями МГЭИК на территории России за период с 1990 по 2008 гг. в целом. С 2009 года матрица составляется по ежегодным данным. Таким образом, были определены площади бывших пахотных угодий, переустроенные в земли поселений. Для определения ежегодных площадей перевода земель с 1990 по 2008 годы был применен метод интерполяции. При этом условно принято, что в течение 1991, 1992, 1993 и т.д. лет перевод бывших пахотных угодий в земли поселений был равным. Для 2009 года площадь переведенных земель рассчитана на основе ежегодных данных. Также в результате анализа ежегодных данных по динамике площадей получено, что в 2010 - 2020 гг. перевода земель из пахотных в поселения не производилось. Результаты оценки площадей переведенных угодий приведены в таблице 6.63.

Для оценки изменений запасов углерода на переведенных землях был выполнен сбор и анализ информации и литературы по особенностям строительства, традиционным способам устройства, нормам планирования территории городских и сельских населенных пунктов, а также научным данным по содержанию органического вещества в разных видах урбанизированных почв.

Изменения запасов углерода в биомассе растений на пахотных землях, переустроенных в земли поселений.

Для резервуара углерода живой биомассы было принято, что перевод бывших пахотных 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 4,2 т С/га.

Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии рассчитаны по среднему соотношению «закрытых» и открытых территорий на землях поселений (см. раздел ниже). 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, www.gks.ru). Эта величина

соответствует 16,8 ц/га. Соответственно, используя уравнения таблицы 5.18 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. ниже), определен средний коэффициент запаса углерода биомассы на землях поселений 0,8492 тонн С/га. Это значение были использовано в расчетах. Результаты приведены в таблице 6.63 выше.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе пахотных земель, 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 1,2 т С/ га.

Изменения запасов углерода в почвах пахотных земель, переустроенных в земли поселений. Для резервуара почвенного органического углерода были выполнены соответствующие оценки. Соотношение городских и сельских населенных пунктов в России в среднем составляет 40,6%:59,4%. При современном градостроительстве до 70-90% территории города закрыто асфальтобетоном и другим дорожным покрытием, а также зданиями и строениями. При этом происходит срезание почвенного профиля до грунтов и последующее наложение нового материала и дорожного покрытия. В этом случае выделяется группа «запечатанный грунт» (Герасимова и др., 2003). Для расчетов было принято, что 80% переведенных в города площадей подвергаются срезанию плодородного слоя почвы и, следовательно, полностью теряют запасы органического углерода почв в слое 0-30 см. Оставшиеся 20% переведенных в городские поселения площадей отводятся для устройства зеленых зон, открытых территорий и парков. При устройстве зеленых зон и открытых площадок происходит насыпка плодородного слоя почвы привозным грунтом (Герасимова и др., 2003). Для площадей, переведенных под сельские поселения распределение «запечатанных грунтов» и открытых территорий обратное – 20% отводится под строительство зданий и дорог, а 80% остается под открытыми площадками.

Таким образом, на основании полученной информации были определены соотношения территорий с полной потерей почвенного органического углерода и его накоплением в результате досыпки плодородного слоя: 0,44 и 0,56 соответственно. Эти величины были использованы в расчетах.

Кроме того, нормы строительства и благоустройства новых городских и сельских поселений свидетельствуют о том, что изменение запасов почвенного углерода происходят в течение одного года. Поэтому национальный период конверсии для земель бывших пахотных угодий, переустроенных в земли поселений, принят равным 1 году.

Средний запас органического углерода в пахотных почвах России был определен на основании анализа данных, используемых при моделировании баланса почвенного углерода при переводе пахотных земель в кормовые угодья (см. раздел 6.4.3.2.1), по информации справочников и обзоров литературы и результатам собственных исследований (Кононова, 1984; Болотина, 1976; Соколов, Розов, 1976; Орлов, Бирюкова, 1995; Орлов и др., 1996; Орлов, 1999; Рожков и др., 1997; Nilsson et al., 2000; Замолодчиков и др., 2005; Романовская, 2008). Средневзвешенное значение (разные типы почв, разные регионы Российской Федерации) для пахотного горизонта (0-25см) соответствует величине 55,65 тонн С/га. Эта величина была использована в качестве начального состояния почв перед конверсией.

Содержание органического углерода в городских почвах варьирует и зависит от его величины в исходном субстрате, а также от применения органических и минеральных удобрений, привнесения органического мусора и т.д. Так, по данным Еремченко и соавторов (2010) в слое почв 0-15 (10) см количество органического углерода (без учета загрязнения нефтепродуктами) изменяется от 0,3 до 16,5%. Максимально обогащаются органическим веществом реплантоземы, где на поверхности насыпается слой низинного торфа мощностью 10-15 см. Со временем они теряют часть органического вещества, содержание гумуса в насыпном слое снижается до 5-6%. Средним уровнем содержания гумуса отмечены урбо-дерново-подзолистые почвы, агроурбопочвы. У последних отмечена наибольшая мощность гумусового горизонта. Наименьшим количеством гумуса характеризуются техноземы – «свежие» насыпные минеральные грунты.

Как правило, количество органического вещества в городских почвах выше, чем в фоновых. Во всех стародавних почвах, особенно почвах скверов, парков, огородов, содержание гумуса достигает 8-12%, а в среднем 4-6% (Герасимова и др., 2003; Еремченко и др., 2010; Жарикова, 2012). С глубиной оно несколько падает, часто имея скачкообразный характер распределения по профилю.

На основании вышеприведенных данных для расчетов запасов углерода почв открытых территорий было принято, что для слоя почвы 0-15 см содержание гумуса в среднем составляет 5%, а для слоя 15-25 см в два раза меньше – 2,5%.

Содержание углерода в гумусе в среднем составляет 58% (Кононова, 1984). Таким образом, в слое 0-15 см содержится 2,9% С, а в слое 15-25 см – 1,45% С.

Для перевода содержаний органического углерода в его запасы необходима также средняя величина объемной массы почв поселений (плотность сложения). Для разработки среднего значения были собраны доступные данные литературы. Так, по данным Жариковой (2012) урбанизированные горизонты почв зачастую бесструктурны или слабо агрегированы и отличаются высокой плотностью сложения (0,70-1,55 г/см^3). Сходные величины приведены в справочном пособии Герасимовой и соавторов (2003), которые отмечают, что средняя плотность плодородного слоя городских почв выше (1,4-1,6 г/см^3), чем оптимальная плотность пахотного горизонта для большинства культурных растений (1,0-1,2 г/см^3). Изменение физических свойств связано с увеличением объемной массы поверхностных слоев почв: на участках с усиленным движением оно доходит до 1,7 г/см^3, хотя в хорошо удобренных органическим веществом насыпных почвах эта величина может равняться 0,8-0,9 г/см^3. Среднее значение всех приведенных выше величин составляет 1,24 г/см^3, которое и было использовано в расчетах.

Таким образом, средний запас городских почв открытых территорий оценивается около 53,75 тонн С/га для слоя 0-15 см и 17,92 тонн С/га для слоя 15-25 см или 71,67 тонн С/га в целом (0-25 см). Последняя величина была использована в расчетах при оценке накопления почвенного углерода при переводе земель в земли поселений (см. уравнения 6.43 – 6.45).

$$C_{balance} = C_{accum} - C_{losses}, \text{ где} \tag{6.41}$$

$$C_{accum} = Annual\ Area \bullet 0{,}56 \bullet (71{,}67\text{-}55{,}65); \tag{6.42}$$

$$C_{losses} = AnnualArea \bullet 0{,}44 \bullet 55{,}65. \tag{6.43}$$

Результаты расчетов потерь почвенного углерода (C_{losses}), его аккумуляции (C_{accum}) и балансовая оценка ($C_{balance}$) на землях бывших пахотных угодий, переведенных в земли поселений приведена в таблице 6.63 выше.

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на пахотных землях, 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 пахотных земель, 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 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 (МГЭИК, 2006).

Результаты расчета прямого и косвенного выброса N_2O при конверсии пахотных земель в земли поселений приведены в таблице 6.63 выше.

В таблицах ОФД 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.E.2. Косвенные выбросы N_2O, в сумме по всем типам земель приведены в категории ОФД 4(IV) Косвенные выбросы N_2O от управляемых земель.

6.4.5.2.2.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

Оценка неопределенности расчетов изменений запасов углерода земель пахотных 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 (±10%). Соотношение городских и сельских населенных пунктов в стране определено по статистической информации с точностью ±5%. По данным изученной литературы (см. раздел 6.4.5.2.2.2), неопределенность соотношения открытых территорий и «запечатанных» грунтов в городах составляет ±12,5% и в два раза больше для сельских поселений (±25%). Соответственно, совокупные доли переведенных земель в открытые территории рассчитаны с точностью ±21,86%, а в «запечатанные» ±11,99%.

Для определения средних запасов углерода биомассы земель поселений применены регрессионные уравнения Левина, неопределенность оценки по которым равна ±10% (см. главу 5 настоящего доклада). Совокупная неопределенность среднего коэффициента по запасам углерода биомассы рассчитана по уровню 1 МГЭИК ±24,04%.

По данным изученной литературы можно сделать вывод, что неопределенность содержания углерода в почвах поселений находится в пределах ±40%, а величина объемной массы этих почв ±34,07% (анализ данных, использованных для усреднения). Таким образом, по расчету по уровню 1 МГЭИК точность определения запасов почвенного углерода в землях поселений равна ±41,54%. На основе статистической обработки данных начального запаса углерода в пахотных почвах, использованных для усреднения, неопределенность средней оценивается ±37,4%. Окончательная величина неопределенности расчетов выбросов по данной категории равна ±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 ±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.

6.4.5.2.2.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра. Методика и результаты оценок выбросов и поглощения парниковых газов по данной категории были доложены на VI Всероссийской научной конференции с международным участием «Гуминовые вещества в биосфере» (Романовская, 2014).

6.4.5.2.2.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В результате уточнения площадей обезлесения были пересчитаны площади пахотных земель переведенных в земли поселений за 2009 год.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.5.2.3– Прочие земли, переустроенные в поселения (раздел 4.E.2 ОФД)

6.4.5.2.3.1 Характеристика подкатегории

В кадастре выполнены оценки изменения запасов углерода при переводе других земель в земли поселений. Результаты приведены в таблице 6.65.

Таблица 6.65

Площади других земель, переустроенных в земли поселений и изменениязапасов углерода на них

Годы	Площади других земель, переустроенных в земли поселений, 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	44,46	44,46	0,0	1772,83	1772,83	37,76
2011	47,82	3,36	0,0	134,06	134,06	2,86
2012-2013	47,82	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00
2014	50,39	2,56	0,0	102,20	102,20	2,18
2015-2020	50,39	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00

6.4.5.2.3.2 Методология сбора данных и расчетов

Изменения запасов углерода в биомассе растений на других 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.

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 6.4.5.2.2.2).

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 6.4.5.2.2.2). 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, www.gks.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 6.4.5.2.2.2 выше), определен средний коэффициент запаса углерода биомассы на землях поселений 0,8492 тонн С/га. Это значение были 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 ОФД 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, выполнено в соответствии с методикой и коэффициентами, разработанными для категории пахотных земель, переустроенных в земли поселений (см. раздел 6.4.5.2.2.2). 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 6.4.5.2.2.2).

Результаты расчета приведены в таблице 6.65.

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. потерь) при данной конверсии не происходит.

6.4.5.2.3.3 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 ±24,04% и среднего запаса углерода почв поселений с неопределенностью ±41,54% (см. раздел 6.4.5.2.2.3 выше). В соответствии с уровнем 1 МГЭИК объединенная неопределенность оценки по резервуару биомассы составляет ±26,04% и по резервуару почв ±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.

6.4.5.2.3.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра. Методика и результаты оценок выбросов и поглощения парниковых газов по данной категории были доложены на VI Всероссийской научной конференции с международным участием «Гуминовые вещества в биосфере» (Романовская, 2014).

6.4.5.2.3.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В кадастре 2021 года были выполнены перерасчеты, которые связаны с уточнением площадей обезлесения и пересмотром матрицы земель. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.5.2.4– Луговые угодья, переустроенные в поселения (раздел 4.F.2 ОФД)

6.4.5.2.1.1 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, 2015-2019 годы. Результаты расчетов приведены в таблице 6.66.

Таблица 6.66

Площади луговых угодий, переустроенных в земли поселений, изменения запасов углерода и выбросы парниковых газов *от них*

Годы	**Почвы**		**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	1298,2	-308,2	-1606,3	-208,7	-195,9
2013	74,9	41,8	1639,5	-389,2	-2028,7	-263,6	-247,4
2014	74,9	0,0	0	0	0	0,0	0,0
2015	218,0	143,1	5611,1	-1332,5	-6945,5	-902,4	-847,2
2016	236,6	18,6	727,8	-172,8	-900,6	-117,0	-109,8
2017	251,7	15,1	592,6	-140,7	-733,3	-95,3	-89,4
2018	277,2	25,5	1001,5	-237,8	-1239,2	-161,0	-151,2
2019	264,3	0,0	0	0	0	0,0	0,0
2020	275,3	11,0	432,2	-102,6	-534,7	-69,5	-65,2

Таблица 6.67

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на пахотных землях, переустроенных в земли поселений

Годы	Прямой выброс	Косвенный выброс	Всего
1990–2009	0,00	0,00	0,00
2012	1,36	0,31	1,67
2013	1,72	0,39	2,10
2014	0,00	0,00	0,00
2015	5,88	1,32	7,20
2016	0,76	0,17	0,93
2017	0,62	0,14	0,76
2018	1,05	0,24	1,29
2019	0	0	0
2020	0,45	0,10	0,55

6.4.5.2.4.2 Методология сбора данных и расчетов

Согласно замечаниям группы экспертов по проверке 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 х, 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 6.4.5.2.2 –Пахотные земли, переустроенные в поселения. Средние запасы углерода почв луговых угодий приняты 88,41 т С/га (Титляновой А.А. и Тесаржовой М., 1991; Честных и соавт., 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 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 (МГЭИК, 2006).

Результаты расчета прямого и косвенного выброса N_2O при конверсии луговых угодий в земли поселений приведены в таблице 6.66 выше.

В таблицах ОФД 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.E.2. Косвенные выбросы N_2O, в сумме по всем типам земель приведены в категории ОФД 4(IV) Косвенные выбросы N_2O от управляемых земель.

6.4.5.2.4.3 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 (±10%). Соотношение городских и сельских населенных пунктов в стране определено по статистической информации с точностью ±5%. По данным изученной литературы (см. раздел 6.4.5.2.2.2), неопределенность соотношения открытых территорий и «запечатанных» грунтов в городах составляет ±12,5% и в два раза больше для сельских поселений (±25%). Соответственно, совокупные доли переведенных земель в открытые территории рассчитаны с точностью ±21,86%, а в «запечатанные» ±11,99%.

Для определения средних запасов углерода биомассы земель поселений применены регрессионные уравнения Левина, неопределенность оценки по которым равна ±10% (см. главу 5 настоящего доклада). Совокупная неопределенность среднего коэффициента по запасам углерода биомассы рассчитана по уровню 1 МГЭИК ±24,04%.

По данным изученной литературы можно сделать вывод, что неопределенность содержания углерода в почвах поселений находится в пределах ±40%, а величина объемной массы этих почв ±34,07% (анализ данных, использованных для усреднения). Таким образом, по расчету по уровню 1 МГЭИК точность определения запасов почвенного углерода в землях поселений равна ±41,54%. На основе статистической обработки данных начального запаса углерода в луговых угодьях, использованных для усреднения, неопределенность средней оценивается ±37,4%. Окончательная величина неопределенности расчетов выбросов по данной категории равна ±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 ±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.

6.4.5.2.4.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.4.5.2.4.5 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.

6.4.5.3 Сжигание биомассы на землях поселений (раздел 4.V ОФД)

Законодательством Российской Федерации любые виды сжигания, включая сжигание биомассы и/или органических отходов, в черте любых населенных пунктов запрещены. Поэтому в соответствующих таблицах ОФД использован стандартный указатель «не происходит» «NO».

6.4.6 Прочие земли (раздел 4.F ОФД)

6.4.6.1 Прочие земли, остающиеся другими землями (раздел 4.F.1 ОФД)

Согласно рекомендациям (МГЭИК, 2006), стр. 9.4, выбросы парниковых газов 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 Российской Федерации является постоянной и составляет 117184,9 тыс. га.

6.4.6.2 Земли, преобразованные в категорию прочие земли (раздел 4.F.2 ОФД)

6.4.6.2.1– Пахотные земли, преобразованные в категорию прочие земли

6.4.6.2.1.1 Характеристика подкатегории

В кадастре выполнены оценки изменения запасов углерода при переводе пахотных земель в категорию прочие земли. Результаты приведены в таблице 6.68.

Таблица 6.68

Площади пахотных земель, переустроенных в прочие земли и изменения запасов углерода на них

Годы	Площади пахотных земель, переустроенных в прочие земли, тыс. га		Почвенный органический углерод, 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	5086,445	0,0	-5086,44
2000	913,93	91,393	5086,445	0,0	-5086,44
2005	1370,90	91,393	5086,445	0,0	-5086,44
2009	1736,47	91,393	5086,445	0,0	-5086,44
2010	1736,47	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	1645,08	0,0	0,0	0,0	0,0
2012	1553,69	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	1462,29	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

Прямые и косвенные выбросы закиси азота при минерализации почвенного органического вещества на землях пахотных угодий, переведенных в прочие земли, приведены в таблице 6.69.

Таблица 6.69

Выбросы N_2O 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
2010-2020	0,00	0,00	0,00

6.4.6.2.1.2 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 ОФД 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 Российской Федерации 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 ОФД 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, выполнено 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; Замолодчиков и др., 2005; Романовская, 2008). Средневзвешенное значе-

ние (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 6.68.

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 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 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 (МГЭИК, 2006).

Результаты расчета прямого и косвенного выброса N_2O при конверсии пахотных земель в прочие земли приведены в таблице 6.68 выше.

В таблицах ОФД 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 ОФД 4(IV) Косвенные выбросы N_2O от управляемых земель.

6.4.6.2.1.3 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 (±10%).

Объединенная неопределенность потерь углерода почв при конверсии пахотных земель в прочие земли рассчитана равной ±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 ±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.

6.4.6.2.1.4 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).

6.4.6.2.1.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

Специфичных для данной категории усовершенствований и перерасчетов не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.6.2.2 – Неуправляемые луговые земли, переустроенные в прочие земли (раздел 4.F.2 ОФД)

6.4.6.2.2.1 Характеристика подкатегории

В кадастре представлены оценки изменений запасов углерода при конверсии земель из категории «Неуправляемые луговые угодья» в прочие земли. Согласно матрице земель, переводов неуправляемых луговых угодий в прочие земли за период с 1990 по 2020гг. не происходило.

6.4.6.2.2.2 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.

6.4.6.2.3 – Водно-болотные угодья, преобразованные в категорию прочие земли

6.4.6.2.3.1 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 закиси азота, 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 6.70.

Таблица 6.70

Площади водно-болотных угодий, переустроенных в прочие земли, изменения запасов углерода и выбросы парниковых газов от них

Годы	Площади водно-болотных угодий, переустроенных в прочие земли, тыс. га		Почвы			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_2O, тыс. т $N\text{-}N_2O$		
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
2011	1,8	0,0	0,0	0,08	0,03	0,0	0,0
2012	4,0	2,2	12,8	0,17	0,06	-28,4	-48,6
2013	31,3	27,3	158,7	1,36	0,47	-351,4	-601,2
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

6.4.6.2.3.2 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 принятыми равными нулю. Согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых растительность отсутствует.

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). В данной работе приводятся результаты 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 (см. табл. 6.71). Для перевода количества сухого вещества фитомассы в запасы углерода использован стандартный переводной коэффициент 0,45 (Левин, 1977).

Таблица 6.71

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, ±σ %	±39,6	±108,6	±45,2	±12,9	**±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, ±σ %	±29,5	±4,2	±30,5	±26,1	**±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 принятыми 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 (см. табл. 6.68). 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 6.69 выше.

Изменения запасов углерода в почвах водно-болотных угодий, переустроенных в прочие земли. Оценки выброса CO_2 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 CO_2 от осушенных почв происходят непосредственно на территории осушения (EF_CO_2_on-site) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO_2_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

– EF_CO_2_on-site (= 5,7 тоннС/га/год) – табл. 2.1, раздел 2.2.1.1, стр. 2.9-2.11 для луговых ценозов бореальной зоны;
– EF_CO_2_DOC (= 0,12 тонн С/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 С/га/год, который и был использован в расчетах. Результаты расчета потерь углерода при конверсии водно-болотных земель приведены в таблице 6.67 выше.

Выбросы иных, кроме CO_2, 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 CH_4 проведены в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2013). Коэффициенты соответствуют:

– Frac_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 CH_4 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 CH_4 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 CH_4 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 CH_4 кг/га/год, который и был использован в расчетах.

Расчет выброса закиси азота 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 6.67 выше. Для отчетности в таблицах ОФД выбросы закиси азота 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 метана в таблицах ОФД 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»).

6.4.6.2.3.3 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 (±10%).

Средние запасы углерода биомассы и мортмассы болотных угодий определены по данным (Базилевич, 1993). Соответствующие коэффициенты и их неопределенность приведены в таблице 6.70. Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет ±41,79% и ±16,28% соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы бывших болотных угодий (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

Потери углерода почв и выбросы метана и закиси азота 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 ±49,99%, для CH_4 ±70,23% и для N_2O ±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.

6.4.6.2.3.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.4.6.2.3.5 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.

6.4.6.2.4 – Земли поселений, преобразованные в категорию прочие земли

6.4.6.2.4.1 Характеристика подкатегории

Согласно матрице земель за период с 1990 по 2020 гг. конверсии земель поселений в прочие земли не происходило.

6.4.6.2.4.2 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В кадастре 2021 года были выполнены пересчеты для данной категории в связи с уточнением площадей матрицы земель.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.6.2.5 – Лесные земли, преобразованные в категорию прочие земли

6.4.6.2.5.1 Характеристика подкатегории

В кадастре выполнены оценки изменения запасов углерода при переводе лесных земель в прочие земли. Результаты приведены в таблице 6.72.

Таблица 6.72

Площади лесных земель, переустроенных в прочие земли и потери углерода на них

Годы	Площади лесных земель, переустроенных в прочие земли, тыс. га		Почвенный углерод , тыс. тонн С в год	Мертвое органическое вещество, тыс. тонн С в год	Подстилка, тыс. тонн С в год	Углерод биомассы, тыс. тонн С в год
	Куммулятивная	Ежегодное изменение				
1990-2012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0,026	0,026	2,83	0,25	0,23	1,25
2014	0,028	0,002	0,21	0,02	0,02	0,09
2015	0,047	0,019	2,01	0,18	0,16	0,89
2016	0,101	0,054	5,76	0,50	0,47	2,54
2017	0,119	0,018	1,92	0,17	0,16	0,85
2018	0,237	0,118	12,65	1,11	1,02	5,59
2019-2020	0,237	0	0	0	0	0

Прямые и косвенные выбросы закиси азота при минерализации почвенного органического вещества на землях поселений, переведенных в прочие земли, приведены в таблице 6.73.

Таблица 6.73

Выбросы N_2O 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
2013	0,0044	0,0010	0,0054
2014	0,0003	0,0001	0,0004
2015	0,0032	0,0007	0,0039
2016	0,0090	0,0020	0,0111
2017	0,0030	0,0007	0,0037
2018	0,0199	0,0045	0,0244
2019-2020	0,00	0,00	0,00

6.4.6.2.5.2 Методология сбора данных и расчетов

Данные по площадям лесных земель, переведенных в прочие земли, были получены от Рослесхоза (табл. 6.55).

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 рассчета использованы средние запасы углерода в резервуаре биомассы на лесных землях (табл 6.61).

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе и подстилке лесных земель, переустроенных в прочие земли. Учитывая, что после конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует. Поэтому рассчитывается полное окисление углерода резервуаров мертвого органического вещества и подстилки. Для рассчета использованы средние запасы углерода в резервуарах лесных земель мертвое оргавническое вещество и подстилка (табл 6.62).

Изменения запасов углерода в почвах земель поселений, переустроенных в прочие земли. Оценки 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 6.62

Период конверсии принят равным одному году.

Результаты расчета приведены в таблице 6.72.

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 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 (МГЭИК, 2006).

Результаты расчета прямого и косвенного выброса N_2O при конверсии земель поселений в прочие земли приведены в таблице 6.73 выше.

6.4.6.2.5.3 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 ±24,04% и среднего запаса углерода почв поселений с неопределенностью ±41,54% (см. раздел 6.4.5.2.2.3 выше). В соответствии с уровнем 1 МГЭИК объединенная неопределенность оценки по резервуару биомассы составляет ±26,04% и по резервуару почв ±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 ±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.

6.4.6.2.5.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.4.6.2.5.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

Специфичных для данной категории перерасчетов и усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.6.3 Сжигание биомассы на других землях (раздел 4.V ОФД)

Учитывая, что согласно определению, к категории «прочие земли» относятся типично неуправляемые земли, на которых не производится антропогенная деятельность, процессы горения на этих землях являются также не антропогенного происхождения. Кроме того, вероятность возникновения пожаров на других землях крайне низка, так как ни растительности, ни мертвого органического вещества на них не формируется. Соответственно, в таблицах ОФД было использовано стандартное обозначение «NA».

6.4.7 Заготовленные лесоматериалы (раздел 4.G ОФД)

6.4.7.1. Характеристика категории

Значительная часть древесины, заготавливаемой на лесных площадях, возделываемых землях и других типах землепользования, остается в виде лесоматериалов в течение различного времени. Данный раздел предоставляет данные по оценке выбросов/поглощений CO_2 от заготавливаемых лесоматериалов (ЗЛМ) с применением подхода «атмосферный поток». Данный подход оценивает потоки CO_2 из атмосферы и в атмосферу из пула ЗЛМ, происходящие в пределах национальных границ страны. Таким образом, выбросы и абсорбция CO_2 в заготовленных лесоматериалах сообщаются страной, в которой используются древесные продукты (то есть «страной-потребителем») в соотвествии с уравнением 6.44 (МГЭИК,2019). В данном подходе учитывается также выбросы и абсорбции CO_2 от импортированных в страну продуктов лесозаготовок.

$$\Delta CO_{2_{AFA}}(i) = -44/12 \bullet \left(\sum \Delta C_{SCA_l}(i) + \sum RC_{EX_j}(i) - \sum RC_{IM_j}(i)\right), \qquad (6.44)$$

где: $\Delta CO_{2_{AFA}}$ (i) – выбросы или абсорбция CO_2 в пуле ЗЛМ в соотвествии с подходом «атмосферный поток» в год i, млн. тонн

ΔC_{SCA_l} (i) - изменение запасов C в соответсвующей категории ЗЛМ l в год i рассчитанные на основе внутреннего потребления, млн.тонн

$RC_{EX\,j}$ (i) - запас С в в соответсвующей экспортируемой категории ЗЛМ j в год i , млн.тонн

$RC_{IM\,j}$ (i) - запас С в в соответсвующей импортируемой категории ЗЛМ j в год i, млн.тонн

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. На основании полученных оценок экспорта, импорта и утилизации продуктов лесозаготовки была проведена оценка общего ежегодного изменения запасов углерода в пуле продукции лесозаготовки за период 1961-2020 гг. (рис. 6.19). Положительные величины показывают увеличение запасов углерода в пуле продуктов лесозаготовок, а отрицательные – его уменьшение.

Как видно из приведенной диаграммы в динамике изменения запасов углерода в продукции лесопереработки наблюдаются два периода: 1961-1991 гг. и 1992 г. – по настоящее время. В период с 1961 г. по 1991 г. происходило накопление углерода в пуле продуктов лесозаготовки. В дальнейшем, в период с 1991 по 2020 год происходило постоянное уменьшение пула углерода в продукции лесозаготовок в связи со снижением вывозки древесины, сокращением объемов производства и увеличением экспорта древесины и продуктов ее переработки. С 1996 года темп снижения замедлился и запасы углерода начали возрастать, но не достигли уровня периода 1961-1991 г. Такое увеличение запасов связано в первую очередь с уменьшением экспорта необработанной древесины и пиломатериалов.

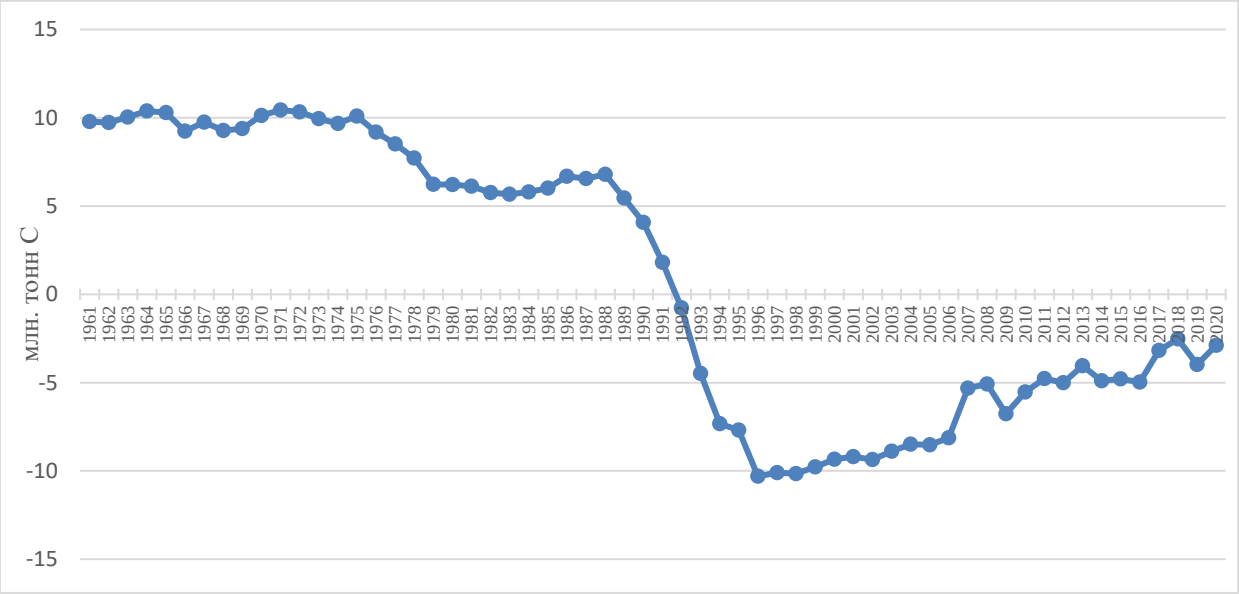

Рисунок 6.19 – Изменение запасов углерода в продукции лесозаготовок

Оценка изменения запасов углерода в заготовленных лесоматериалах была выполнена согласно методологии Уровня 1 (МГЭИК,2019) и основывается на балансовых оценках эмиссии и поглощения парниковых газов. Расчет выбросов и поглощения парниковых газов проведен с использованием подхода «атмосферный поток» на основе данных характеризующих хозяйственную деятельность лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, данных о производстве, импорте и экспорте круглого леса, пиломатериалов, фанеры, древесно-стружечные плит (ДСП), древесноволокнистых плит (ДВП) и целлюлозы за период с 1961-2020 гг. и соответствующих коэффициентов перевода и эмиссии руководящим указаниям (МГЭИК, 2019). При данном подходе проводится полная инвентаризация углерода древесины в национальных запасах.

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 – 2020 гг. – использованы данные ФТС России (Государственный таможенный комитет, 1994-2020). Данные за 2021 г. необходимые для расчетов были взяты как среднеарифметическое за период 2016–2020 гг.

Для нахождения данных о деятельности и переводных коэффициентов, необходимых для выполнения расчетов, были изучены 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.6.74.

Таблица 6.74

Номенклатура внешнеэкономической деятельности СССР и РФ

Древесная продукция	Таможенная статистика СССР	Таможенная статистика РФ
Круглый лес	500	44.03
Пиломатериалы	501	44.04; 44.06; 44.07; 44.08; 44.09
Древесные плиты	41202; 41203; 502	44.10; 44.11; 44.12; 44.13
Целлюлоза	505	47.01; 47.02; 47.03; 47.04; 47.05; 47.06; 47.07

В статистических сборниках «Внешняя торговля СССР» данные по экспортно-импортным операциям основных лесных товаров за 1961-1990 гг. предоставлены 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.6.75.

Установленный средний коэффициент соотношения вывозки РСФСР к СССР, равный 0,92, был использован для оценки экспорта и импорта лесной продукции в РСФСР.

Оценку статистических данных по тоннажу экспортированных и импортированных шпал в м^3 производили на основе их средней плотности 0,414 т с.в. м^3. Данные по производству шпал из отдельных древесных пород не были доступны, поэтому в равных долях были использованы средние величины плотностей сосны (0,480 т м$^{-3}$), кедра (0,405 т м$^{-3}$), ели (0,420 т м$^{-3}$) и пихты (0,350 т м$^{-3}$) (Голубев, 2005). Указанные породы являются основными для производства шпал (ГОСТ 78-2004).

Динамика экспорта и импорта продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности с 1961 по 2020 гг. представлена в табл. 6.76.

Древесина и продукты ее переработки по-прежнему остаются в числе приоритетных экспортных товаров России (Рослесхоз, 2003b). В целом, для экспорта продуктов лесопереработки характерна высокая доля круглого леса, которая в последние годы начала снижаться, уступая место продуктам более глубокой переработки. Анализ динамики объемов экспорта лесных товаров из Российской Федерации (табл. 6.75) показывает, что за исключением периода с 1993 по 1998 гг. показатели вывоза круглого леса, пиломатериалов, древесных плит и целлюлозы в целом проявляли тенденцию устойчивого роста вплоть до 2006 года. В дальнейшем наблюдалось падение экспорта круглой древесины и пиломатериалов. В экспорте древесных плит в 2008 году наблюдался резкий спад, однако в следующие годы экспорт восстановился и находился примерно на одном уровне. Экспорт целлюлозы демонстрировал рост вплоть до 2012 года. В 2013 г. был небольшой спад, сменившийся подъемом в 2014-2015 г. и снова спадом в 2016-2018 гг.

Анализ динамики объемов импорта лесных товаров в Российскую Федерацию имеет значительную межгодовую изменчивоть. В целом, за весь рассматриваемый период наблюдается увеличение доли импорта древесных плит и снижение импорта круглого леса, пиломатериалов и целлюлозы (табл. 6.76).

Таблица 6.75

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
1987	389,2	357,1
1988	386,4	354,3
1989	369,5	338,4
1990	332,1	303,8

Таблица 6.76

*Экспорт продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации**

Год	Круглый лес, тыс. м³*		Пиломатериалы, тыс. м³*		Древесные плиты, тыс. м³*		Целлюлоза, тыс. т*	
	импорт	экспорт	импорт	экспорт	импорт	экспорт	импорт	экспорт
1961	163,48	5202,32	461,12	4787,04	95,68	117,02	98,81	244,54
1962	163,76	6830,17	413,88	5516,60	86,30	137,17	99,64	245,36
1963	3,59	7401,86	347,69	6003,46	92,18	182,11	77,74	225,68
1964	19,23	8663,64	313,42	7061,55	108,93	246,93	113,62	241,41
1965	17,85	10247,33	267,19	7361,10	103,79	285,20	181,06	240,95
1966	19,32	11727,52	253,61	7351,63	119,48	311,38	239,66	271,95
1967	46,37	11372,67	276,00	6847,56	101,42	358,21	230,09	340,22
1968	49,86	11735,06	262,53	7291,37	97,53	437,96	150,79	358,43
1969	88,23	12512,00	245,57	7268,00	110,89	459,54	252,91	391,92
1970	86,57	14076,00	265,27	7360,00	119,40	525,89	264,32	412,07
1971	104,97	13432,00	279,67	7268,00	124,19	491,65	244,17	429,27
1972	152,17	13708,00	289,48	7360,00	106,97	532,04	203,32	460,64
1973	207,09	17204,00	261,87	7544,00	175,81	612,76	217,86	477,66
1974	248,40	16744,00	305,15	7268,00	105,16	698,06	182,25	451,81
1975	263,30	15548,00	300,09	7199,92	111,60	746,25	224,30	473,80
1976	216,02	16468,00	315,03	7912,00	176,92	784,78	180,78	581,44
1977	243,06	16376,00	323,40	7636,00	131,28	849,53	184,18	625,60
1978	206,54	16008,00	331,41	7452,00	134,32	873,04	178,94	713,92
1979	191,27	13984,00	322,43	6992,00	175,44	832,71	154,74	625,88
1980	234,60	12788,00	335,76	6532,00	342,98	868,17	202,86	755,60
1981	290,35	12575,48	365,41	6348,00	242,79	915,23	251,07	776,20
1982	214,78	12100,76	293,75	6654,60	201,45	865,43	204,46	817,00
1983	200,41	13898,44	303,50	6749,48	195,51	839,60	222,27	931,03
1984	228,84	14349,24	325,77	6647,14	232,07	844,21	177,00	928,99
1985	227,42	14213,08	287,95	7145,64	220,82	865,56	155,45	892,63
1986	182,45	16696,16	244,03	7433,60	227,67	971,61	169,04	1016,76
1987	186,97	17797,40	206,57	7261,56	202,36	1107,34	206,56	1000,75
1988	180,82	18847,12	189,48	7572,52	161,06	1057,20	232,92	970,62
1989	171,22	17467,12	156,12	7196,24	286,07	1058,46	217,86	938,81
1990	135,98	19193,96	93,34	6453,80	241,00	818,11	137,40	678,52
1991	41,39	13641,02	100,24	4580,00	212,96	390,94	71,10	324,14
1992	65,70	12356,00	73,62	327,47	163,97	327,47	4,79	398,57
1993	100,00	11539,00	46,99	389,76	114,97	525,10	6,20	857,59
1994	328,88	14850,32	2,99	133,72	66,56	631,91	8,30	934,31
1995	975,59	18445,97	0,58	324,29	54,19	670,50	22,14	1331,83
1996	474,64	15914,72	44,78	5595,26	108,94	1028,25	35,10	1078,50
1997	327,22	17845,49	114,68	5762,00	1023,51	967,91	49,22	985,12
1998	227,93	19971,70	85,91	5611,51	304,91	1039,23	31,01	1028,60
1999	153,00	27608,71	34,90	7531,72	136,26	1298,19	57,87	1349,99
2000	225,63	30828,88	20,00	9040,27	197,31	1423,19	65,37	1712,65
2001	625,19	31692,88	44,39	9136,95	441,25	1392,77	44,72	1789,26
2002	222,35	36761,51	30,74	10433,88	349,78	1547,19	55,15	1921,25
2003	202,82	44899,18	186,35	11846,91	559,36	1637,84	55,21	1969,07
2004	140,56	41470,86	12,57	12469,63	571,89	1901,86	26,48	1931,22
2005	74,26	47932,27	19,71	14741,50	659,04	2055,62	31,39	2050,46

Продолжение таблицы 6.76

Год	Круглый лес, тыс. м³*		Пиломатериалы, тыс. м³*		Древесные плиты, тыс. м³*		Целлюлоза, тыс. т*	
	импорт	экспорт	импорт	экспорт	импорт	экспорт	импорт	экспорт
2006	516,2	51132,7	19,40	15843,07	904,41	2199,15	44,6	1473,6
2007	324,0	49373,1	25,07	5789,85	990,72	2281,44	108,5	2186,8
2008	286,1	36779,8	33,91	4823,64	1061,89	574,12	85,9	2344,8
2009	61,7	21654,0	22,01	4945,58	560,95	2087,93	61,1	1934,5
2010	20,3**	21257,4**	25,07	5410,11	760,33	2213,38	86,1**	2185,1**
2011	3,5	21185,6	257,99	5853,06	1054,44	2101,41	124,4	2444,0
2012	20,6	17657,6	67,14	6191,56	1396,68	2085,21	157,7	2727,6
2013	38,2	19046,7	80,81	6809,95	4871,18	2281,59	181,1	2384,7
2014	12,8	20877,9	266,48	7294,40	2110,88	3284,66	190,0	2432,1
2015	0,1	19375,0	139,5	8020,91	2038,7	3779,08	209,2	2486,1
2016	0,2	20062,4	162,4	6833,98	2294,4	2461,00	189,3	2498,4
2017	2,0	19440,7	143,3	1623,57	2542,4	2469,00	205,2	2604,9
2018	5,8	18955,3	52,0	4512,1	2564,0	2676,5	178,5	2624,0
2019	1,9	15872,1	48,0	10342,6	1217,2	2751,3	250,4	2434,5
2020	1,3	15471,2	13,1	4227,5	330,7	2909,5	313,9	2619,1

** – начиная с 2006 года по уточненным данным ФТС России*

***– данные ФТС России с учётом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС*

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 1990-2013 гг. – из «Российских статистических ежегодников» (1991-2020) (Госкомстат, 1991-2003; Росстат, 2004-2020). Данные за 2021 г. необходимые для расчетов были взяты как среднеарифметическое за период 2016– 2020 гг.

Пересчет статистических данных из тонн произведенных и экспортированных пиломатериалов в м^3 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 0,0032 м, полученной расчетным путем (Грабар, 2008). Среднюю толщину ДВП была вычислена на основе данных об объеме и площади экспортированных ДВП в 2002 году.

Объемы производства основных видов лесоматериалов в Российской Федерации за 1961-2020 гг. приведены в табл. 6.77.

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.

На всех стадиях обработки древесного сырья образуются отходы и потери древесины. Причинами являются как природные факторы (несоответствие формы и размеров сырья или его полуфабриката конечным параметрам продукции), так и технологические факторы. Например, для производства пиломатериалов используется в среднем около 45-50% объёма от круглой древесины (Кислый, 2016). Расход древесины для получения полуобработанных материалов представлен на рис 6.20.

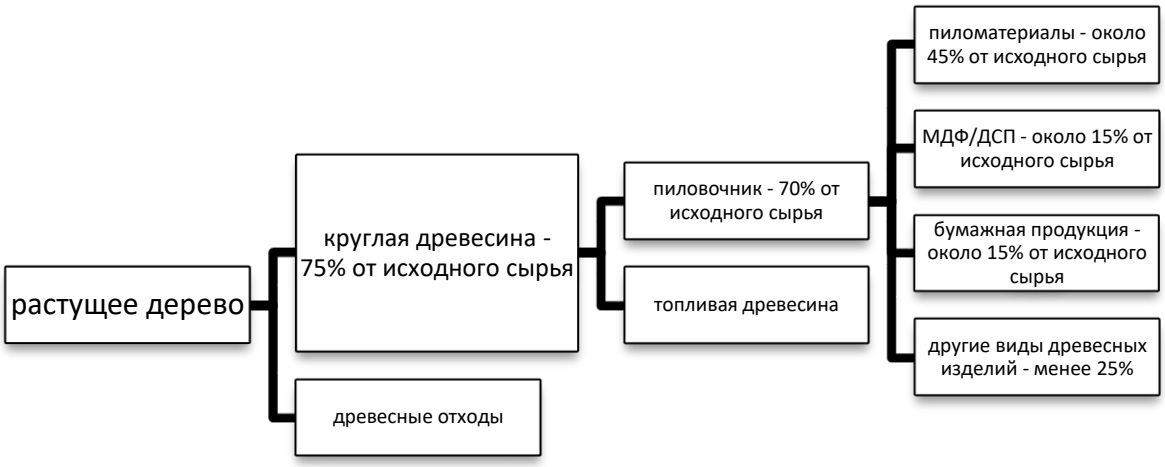

Рисунок 6.20 – Схема расходов древесины для получения конечной продукции.

Как видно из табл. 6.77, с 1961 по 1975 гг. происходило увеличение объемов производства круглого леса, пиломатериалов, древесных плит, целлюлозы. Далее рост производства древесных плит и целлюлозы продолжился и достиг в 1989 г. 8,98 млн м^3 и 9,15 млн т соответственно, а круглого леса и 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 круглой древесины снизилось в 4,3 раза, пиломатериалов – 4,4 раза, древесных плит – 2,7 раза, целлюлозы – 2,2 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. Выпуск круглого леса и пиломатериалов увеличился в 2020 году по сравнению с 1998 годом в 1,8 и 1,6 раза соответственно. Выпуск древесных плит в этот период показал максимальный рост - в 3 раза. Объемы производства целлюлозы за это же время выросли почти в 2 раза.

Таблица 6.77

Динамика объемов производства продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в России

Год	Круглый лес [1], млн. м^3	Пиломатериалы, включая шпалы [2], млн. м^3	Древесные плиты [3], млн. усл. м^3	Целлюлоза, включая древесную массу [4], млн. тонн
1961	317,87	87,95	1,35	3,09
1962	321,34	88,92	1,48	3,35
1963	338,51	91,42	1,60	3,53
1964	352,71	94,60	1,82	3,73
1965	346,07	94,61	2,10	4,10
1966	341,28	90,04	2,32	4,59
1967	352,61	92,22	2,61	5,06
1968	349,10	91,43	2,77	5,38
1969	343,39	92,33	3,01	5,68
1970	353,99	95,92	3,35	6,18
1971	352,68	97,72	3,62	6,56
1972	353,18	98,03	3,93	6,88
1973	358,98	96,74	4,33	7,32
1974	360,75	95,88	4,79	7,59
1975	366,92	97,65	5,21	8,14
1976	356,56	95,10	5,37	8,53
1977	348,77	92,76	5,68	8,72
1978	333,82	89,96	5,73	8,95
1979	325,44	84,79	5,60	8,40
1980	328,28	83,80	6,19	8,57
1981	329,03	83,67	6,21	8,77
1982	326,61	82,93	6,37	8,85
1983	325,26	82,22	6,60	9,37
1984	337,33	82,44	7,03	9,64
1985	337,27	83,53	7,72	9,91
1986	345,33	87,10	8,07	10,23
1987	357,05	87,05	8,38	10,23
1988	354,28	88,35	8,82	10,41
1989	338,37	84,71	8,98	9,15
1990	303,82	77,35	8,71	9,41
1991	268,86	67,56	8,45	7,92
1992	238,14	54,91	7,16	6,93
1993	174,63	42,27	6,14	5,47
1994	118,92	32,08	4,28	4,33
1995	116,21	27,66	3,89	5,44
1996	96,81	23,04	3,03	4,05
1997	85,41	20,51	3,06	4,06
1998	78,25	19,13	3,29	4,19
1999	90,05	19,47	4,09	5,35
2000	94,82	20,58	4,71	6,15
2001	96,21	19,59	5,04	6,49
2002	97,03	19,02	5,56	6,79

Продолжение таблицы 6.77

Год	Круглый лес [1], млн. м³	Пиломатериалы, включая шпалы [2], млн. м³	Древесные плиты [3], млн. усл. м³	Целлюлоза, включая древесную массу [4], млн. тонн
2003	104,97	20,55	6,22	7,00
2004	112,16	21,55	7,00	7,23
2005	113,16	22,31	7,81	7,30
2006	117,63	22,36	8,74	7,31
2007	134,17	24,42	9,82	7,28
2008	108,20	21,78	9,88	7,39
2009	97,07	19,09	7,92	6,97
2010	117,31	21,89	9,46	7,51
2011	122,67	22,64	11,08	7,66
2012	121,75	21,21	11,48	7,66
2013	119,84	21,74	11,33	7,21
2014	123,37	21,53	11,89	7,54
2015	126,8	22,03	12,47	7,87
2016	136,6	23,80	7,39	8,21
2017	139,9	25,16	8,27	8,32
2018	149,4	28,5	10,1	8,59
2019	143,0	30,0	10,0	8,24
2020	143,0	29,27	10,0	8,76

[1] – с 2017 г – лесоматериалы необработанные

[2] – с 2010 г. – лесоматериалы, продольно распиленные или расколотые, разделенные на слои или лущеные, толщиной более 6 мм; деревянные железнодорожные или трамвайные шпалы, непропитанные.

[3] – с 2017 г. – плиты древесностружечные и аналогичные плиты из древесины идли других одревесневших материалов.

[4] – с 2010 г. – целлюлоза древесная и целлюлоза из прочих волокнистых материалов

Утилизация продуктов лесозаготовок. Исходные данные и методика оценки выбросов углекислого газа от утилизации продуктов лесозаготовки аналогичны таковым для метана из раздела 8.2 «Выбросы метана от захоронения твердых отходов».

Полученные результаты (рис. 6.21) показали, что в течение всего периода оценки, с 1961 г., происходит увеличение эмиссии CO_2 от захоронения продуктов лесозаготовки, выходящих из оборота и захораниеваымых на свалках и полигонах. В 2020 г. величина эмиссии от захоронения продуктов лесозаготовки на свалках и полигонах составила 17,4 млн. т CO_2.

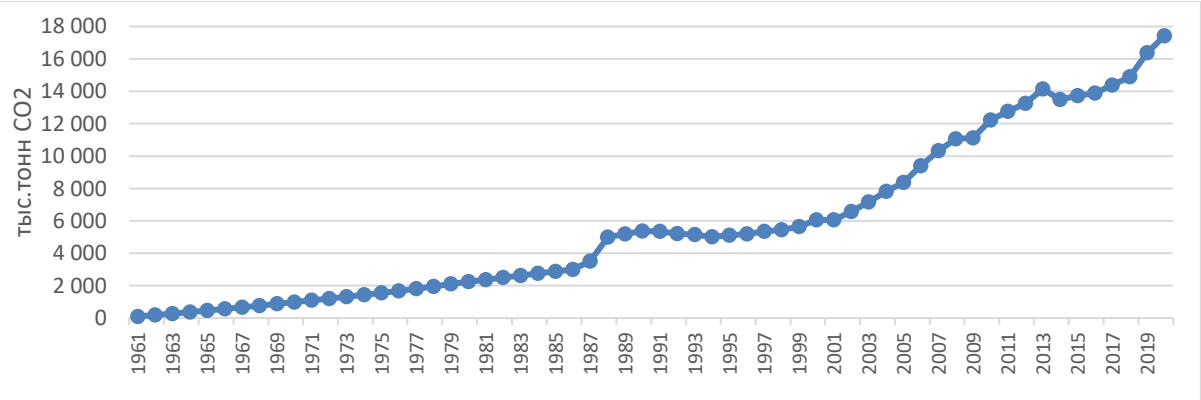

Рисунок 6.21 – Выбросы CO_2 на свалках и полигонах от захоронения выходящих из оборота продукции лесозаготовок.

6.4.7.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Неопределенность исходных данных оценивается не более чем ±5,0%. Погрешность перевода статистических данных по тоннажу экспортированных и импортированных шпал в кубические метры оценивается в ±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 ±5,0%. Общая погрешность средневзвешенной оценки объемов заготовки лесоматериалов по различным типам хозяйств, выполненная на данных по лесозаготовкам с 1990 по 2004 гг., составила ±8,7%. Погрешность расчета средней плотности основных древесных пород составила для хвойных – ±21,7%, для мягколиственных – ±20,2%. Общая погрешность расчета средней плотности основных древесных пород составила ±9,5%. Общая погрешность пересчета статистических данных из тонн произведенных и экспортированных пиломатериалов в $м^3$ составила ±12,9%.

Погрешность пересчета статистических данных по общей площади изготовленных, экспортированных и импортированных древесноволокнистых плит в кубические метры была оценена в ±10,0%.

Общая итоговая оценка изменений запаса углерода в резервуаре продукции лесозаготовки оценивается в ±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.

6.4.7.4 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.

6.4.7.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

Перерасчеты связаны с уточнением статистических данных Росстата.

6.5 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 6.77 и 6.78. 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 данной главы.

Общая неопределенность инвентаризации в секторе ЗИЗЛХ рассчитана на основании уравнения 3.2 подхода 1 (МГЭИК, 2006).

В таблицах 6.78 и 6.79 для величины суммарных выбросов от сектора ЗИЗЛХ приведен 95% доверительный интервал, который составляет для 1990 г. ± 107982,9 тыс. тонн CO_2-экв. или 146,8% и для 2020 г. ± 166565,3 тыс. тонн CO_2-экв. или 29,3%. Таким образом, можно

заключить, что неопределенность полученных оценок по инвентаризации выбросов парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ в 2020 году составляет 29%. Значительная неопределенность величины суммарных выбросов от сектора ЗИЗЛ в 1990 г. связана со значительной долей выбросов от пожаров с высоким уровнем неопределенности.

Высокая общая неопределенности выбросов парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ связана также с использованием методического руководства МГЭИК (2006), а также с включением подкатегорий с высокой степенью неопределенности, в частности, прямого и косвенного выброса N_2O при минерализации почвенного органического вещества.

Таблица 6.78

Оценка неопределенности кадастра потоков парниковых газов в землепользовании, изменении землепользования и лесном хозяйстве России в 1990 г.

Категория источника/поглотителя	Выбросы (+)/ поглощение (-), тыс. т CO_2 экв.	Объединенная неопределенность, %	Неопределенность CO_2 экв., Гг
4.A. Лесные земли	***-226107,21***	***47,37***	***107116,34***
4.A.1. Постоянные лесные земли	***-206825,21***	***51,77***	***107066,53***
Фитомасса	-333253,89	22,36	74517,84
Мертвая древесина	2882,91	37,74	1087,89
Подстилка	-9628,52	62,80	6046,83
Минеральные почвы	-22141,99	65,76	14561,62
Органогенные почвы	6093,36	48,74	2970,04
Мгновенная эмиссия CO_2 от пожаров	129384,27	57,58	74505,57
Мгновенная эмиссия CH_4 от пожаров	11960,33	72,80	8707,25
Мгновенная эмиссия N_2O от пожаров	7878,33	63,25	4982,69
4.A.2. Земли, переведенные в лесные земли	***-21730,46***	***14,49***	***3148,15***
Фитомасса	-14487,51	11,18	1619,75
Мертвая древесина	-2910,50	32,39	942,66
Подстилка	-492,48	62,20	306,33
Минеральные почвы	-3851,59	65,19	2510,93
Мгновенная эмиссия CH_4 от пожаров	7,00	72,80	5,10
Мгновенная эмиссия N_2O от пожаров	4,62	63,25	2,92
4 (II) Эмиссии от осушения почв	2448,46	35,55	870,41
Эмиссия N_2O от осушения органических почв	1874,28	39,52	740,67
Эмиссия CH_4 от осушения органических почв	574,18	79,62	457,19
4.B.1. Возделываемые земли	***82439,00***	***12,99***	***10706,21***
Живая биомасса	-4870,25	75,17	3660,80
Органогенные почвы, CO_2	81823,38	39,62	8840,67
Органогенные почвы, CH_4	5485,88	87,54	4802,49
4.C.1. Постоянные сенокосы и пастбища	***54291,90***	***13,14***	***7133,23***
Органогенные почвы, CO_2	51304,99	49,23	6889,03
Органогенные почвы, CH_4	2622,35	69,70	1827,77
Мгновенная эмиссия CH_4 от пожаров	174,57	109,84	191,74
Мгновенная эмиссия N_2O от пожаров	189,99	113,77	216,16
4.C.2. Земли, переведенные в сенокосы и пастбища	***-1227,65***	***240,42***	***2951,51***
Из пахотных земель			
Биомасса	-5330,09	44,39	2365,79
Мертвое орган. в-во	3870,20	44,63	1727,36
Минеральные почвы	-412,38	14,90	61,43
Органогенные почвы, CO_2	717,01	49,48	354,76
Из водно-болотных угодий			
Биомасса	-72,39	44,96	32,54

Продолжение таблицы 6.78

Категория источника/поглотителя	Выбросы (+)/ поглощение (-), тыс. т CO2 экв.	Объединенная неопределенность, %	Неопределенность CO2 экв., Гг
4.D. Водно-болотные угодья (управляемые земли)	***3715,37***	***66,89***	***2485,38***
4.D.1. Постоянные водно-болотные угодья (управляемые земли)	3389,73	72,95	2472,86
Выбросы CO_2	3389,73	72,95	2472,86
4.D.2. Земли, переведенные в водно-болотные угодья	16,40	72,95	11,96
4 (II) Выбросы от осушения	309,24	80,47	248,84
Выбросы CO_2	3,14	72,95	2,29
Выбросы CH_4	260,66	94,45	246,20
Выбросы N_2O	45,44	79,39	36,08
4.E.2. Земли, переведенные в земли поселений	***18888,85***	***12,17***	***2298,96***
Из лесных земель	18371,41	11,39	2092,07
Фитомасса потери	8935,29	16,40	1465,50
Мертвая древесина	1771,87	16,40	290,61
Подстилка	1583,74	24,17	382,73
Минеральные почвы	6077,37	23,26	1413,56
Органогенные почвы	3,14	23,26	0,73
Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества	517,45	184,20	953,12
4.G. Заготовленные лесоматериалы	***-5686,67***	***21,40***	***1217,07***
4 (IV) Непрямой выброс N_2O от управляемых почв	116,43	188,64	219,63
ВСЕГО	**-73569,98**	**146,78**	**107982,86**

[1)] Положительные величины показывают выброс, отрицательные – поглощение.
[2)] Процентная величина относится к модулю балансовой оценки.

Таблица 6.79

Оценка неопределенности кадастра потоков парниковых газов в землепользовании, изменении землепользования и лесном хозяйстве России в отчетном году

Категория источника/поглотителя	Выбросы (+)/ поглощение (-), тыс. тонн CO_2 экв.	Объединенная неопределенность, %	Неопредел. CO_2 экв., Гг
4.A. Лесные земли	***-622256,53***	***26,63***	***165706,24***
4.A.1. Постоянные лесные земли	***-609785,99***	***27,17***	***165696,16***
Фитомасса	-618876,37	22,36	138384,96
Мертвая древесина	-50725,03	37,74	19141,56
Подстилка	-16953,24	62,80	10646,85
Минеральные почвы	-76941,08	65,76	50600,10
Органогенные почвы	5077,02	48,74	2474,65
Мгновенная эмиссия CO_2 от пожаров	124067,81	57,58	71444,10
Мгновенная эмиссия CH_4 от пожаров	14809,99	72,80	10781,84
Мгновенная эмиссия N_2O от пожаров	9754,91	63,25	6169,55
4.A.2. Земли, переведенные в лесные земли	***-14510,62***	***11,56***	***1677,75***
Фитомасса	-10718,95	11,18	1198,42
Мертвая древесина	-2349,23	32,39	760,87
Подстилка	-81,45	62,20	50,66
Минеральные почвы	-1369,52	65,19	892,82
Мгновенная эмиссия CH_4 от пожаров	5,15	72,80	3,75
Мгновенная эмиссия N_2O от пожаров	3,39	63,25	2,15
4 (II) Эмиссии от осушения почв	2040,07	35,55	725,23
Эмиссия N_2O от осушения органических почв	1561,66	39,52	617,13
Эмиссия CH_4 от осушения органических почв	478,41	79,62	380,93
4.B.1. Возделываемые земли	***54080,01***	***13,74***	***7433,11***
Биомасса	-3896,33	83,63	3258,59
Органогенные почвы, CO_2	54333,53	39,62	5870,51
Органогенные почвы, CH_4	3642,81	87,54	3189,02
4.B.2. Земли, переведенные в возделываемые земли	***15532,61***	***22,22***	***3451,33***
Минеральные почвы	15532,61	22,22	3451,33
4.C.1. Постоянные сенокосы и пастбища	***39131,61***	***13,30***	***5204,05***
Органогенные почвы, CO_2	37426,09	49,23	5025,43
Мгновенная эмиссия CH_4 от пожаров	816,68	109,84	897,01
Мгновенная эмиссия N_2O от пожаров	888,84	113,77	1011,24
4.C.2. Земли, переведенные в сенокосы и пастбища	***-70939,92***	***19,02***	***13491,98***
Из пахотных земель		44,63	3442,95
Мертвое орган. в-во	-7714,03	14,90	8170,95
Минеральные почвы	-54849,43	49,48	10169,33
Органогенные почвы, CO_2	20553,39	19,02	13491,98
Из других земель			
Биомасса	-2174,56	44,96	977,60
Мертвое орган. в-во	-1799,21	45,20	0,00
Почвы	-26869,04	22,36	6008,10
Органогенные почвы, CH4	1912,96	69,87	1336,55

Продолжение таблицы 6.79

Категория источника/поглотителя	Выбросы (+)/ поглощение (-), тыс. тонн CO2 экв.	Объединенная неопределенность, %	Неопредел. CO2 экв., Гг
4.D.1. Постоянные водно-болотные угодья (управляемые земли)	***2598,57***	***58,92***	***1530,96***
Выбросы CO_2	2003,74	72,95	1461,76
Выбросы CO_2	82,15	72,95	59,93
Выбросы CH_4	476,66	94,45	450,22
Выбросы N_2O	36,03	79,39	28,60
4.E.2. Земли, переведенные в земли поселений	***2459,13***	***35,23***	***866,25***
Из лесных земель	2204,77	32,68	720,43
Фитомасса потери	819,94	22,36	183,35
Мертвая древесина	156,93	37,74	59,22
Подстилка	140,28	62,80	88,10
Минеральные почвы	1046,58	65,76	688,28
Органогенные почвы	41,03	48,74	20,00
Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества	254,36	189,1	481,0
4.F.2. Земли, переведенные в другие земли	***864,44***	***188,6***	***1630,7***
Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества	864,44	188,6	1630,7
4.G. Заготовленные лесоматериалы	***9242,33***	***21,40***	***1978,07***
Непрямой выброс N_2O от управляемых почв	50,40	188,64	95,08
ВСЕГО	**-569237,35**	**29,26**	**166565,26**

[1)] Положительные величины показывают выброс, отрицательные – поглощение.
[2)] Процентная величина относится к модулю балансовой оценки.

6.6 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 6.80). Основной вклад в выбросы парниковых газов от пожаров вносят деструктивные пожары на постоянных лесных землях.

Таблица 6.80

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	80,5
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
4(V) Сжигание биомассы	CO_2	Деструктивные пожары на постоянных лесных землях	97,9
4(V) Сжигание биомассы	CH_4	Природные пожары на постоянных лесных землях	89,7
4(V) Сжигание биомассы	N_2O		86,7

6.7 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 ОФД 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 ОФД 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 соотнесению суммы площадей всех угодий с общей площадью страны. Контроль качества соотнесения категорий земель МГЭИК и угодий и принятых допущений выполняется на ежегодной основе в результате межведомственного рассмотрения НДК, которое включает рецензирование Росреестром.

6.8 Перерасчеты и усовершенствования

В настоящем кадастре выполнены следующие перерасчеты и усовершенствования:

- Исправлены ошибки в матрице земель.
- Внесены корректировки в категорию прочие земли 4F, связанные с исправлением ошибок в матрице земель.
- Для категории пахотных земель, переведенных в луговые угодья, были выполнены перерасчеты, связанные с уточнением матрицы земель.
- Исправлена ошибка в расчетах выбросов парниковых газов при переустройстве сенокосов и пастбищ в возделываемые земли.
- Исправлены ошибки в калькуляции выбросов парниковых газов от лесных земель, переведённых в земли поселений за 2019 год.
- В таблице 6.81 приведены ответы на рекомендации экспертов по рассмотрению Национального кадастра.

Таблица 6.81

Ответы на рекомендации группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра в 2020 году по сектору ЗИЗЛХ

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
L1	4.ЗИЗЛХ (сектор в целом) -CO_2	Экспертная группа отметила необходимость уточнить в НДК метод и привести справочные материалы, использованные для выполнения оценок неопределенности для сектора ЗИЗЛХ, в частности, указав, включена ли ошибка выборки в оценочную 13-процентную неопределенность коэффициента эмиссии для обезлесения (лесные земли, переведённые в поселения). Также необходимо пояснить, как неопределенность коэффициента эмиссии изменений запасов биомассы на лесных площадях, остающихся лесными площадями, выводится из сообщенного значения неопределенности в 20 процентов для объема насаждения.	Уточнения внесены, неопределенность изменения запасов углерода в биомассе исправлена и составляет 20%.
L2	4.ЗИЗЛХ (сектор в целом) -CO_2 CH_4 и N_2O	Собрать статистику по осушению органических почв на лесных угодьях и на торфоразработках с 2008 г.	Включено в планируемые усовершенствования.
L3	Представление земель - CO_2	Экспертная группа просит перечислить в НДК все допущения, лежащие в основе создания матрицы перевода земель и баланса земель, включая переводы, имевшие место до 1990 г., с 1940 или 1970 г. и далее в зависимости от выбранного переходного периода.	Допущения, используемые при построении матрицы земель, описаны разделе 6.2. НДК
L4	Представление земель - CO_2	Опишите в НДК, как определяется первоначальное землепользование, если оно не может быть напрямую идентифицировано в существующих наборах данных (например, перевод земель (кроме управляемых лесов) в неуправляемые лесные земли) и четко укажите в НДК корректировки, внесенные для обеспечения верного баланса земельных площадей.	Площади земельных угодий берутся из официальных статистических данных, предоставляемых ежегодно Росреестром, Росстатом и Рослесхозом. Изменения в землепользовании и корректировки описаны разделе 6.2. НДК.
L5	Представление земель - CO_2	Если невозможно определить, являлись ли земли при первоначальном землепользовании пахотными землями, пастбищами или другими землями, экспертная группа предложила отнести площади переводных земель из поселений к пахотным или пастбищным угодьям, а не к другим землям.	Корректировки внесены в матрицу земель, однако за ряд лет остались переходы из категории «Прочие земли» в земли поселений.
L7	4.А.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями - CO_2	Включите в НДК информацию о том, как собираются данные о возрасте деревьев. Кроме того, опишите в НДК, как собираются данные об объеме стволов живых деревьев, включая ссылку на аллометрические уравнения и год последней инвентаризации, если он получен из наземной инвентаризации, и объясните, где это уместно, методы спутниковых измерений. Также, включите в НДК данные об изменении распределения территорий по возрастным группам.	Детальная информация представлена в разделе 6.4.1.1 НДК

Продолжение таблицы 6.81

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
L9	4.A.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями - CO_2	Включить в текст в НДК описание того, как собираются данные о площадях, подверженных пожарам и другими нарушениями.	Детальная информация представлена в разделе 6.4.1.1 НДК
L10	4.A.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями - CO_2	Уточнить и отразить в тексте НДК, что причина, по которой в расчетах кривая изменения запаса валежной древесины с возрастом леса не является ни плоской, ни U-образной, заключается в том, что древесные остатки, образовавшиеся в результате сплошных рубок, исключаются из запасов валежной древесины.	Детальная информация представлена в разделе 6.4.1.1 НДК. Сделано допущение о полном окислении мертвой древесины после сплошных рубок.
L11	4.A.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями - CO_2	Необходимо указать в тексте НДК, подтверждение предположения о том, что запасы углерода в почве увеличиваются с возрастом леса, либо использовать точные коэффициенты выбросов для изменений запасов углерода в почве на лесных землях, остающихся лесными землями, возможно, вернувшись к методу более низкого уровня для этого пула углерода, который предполагает, что запасы углерода в почве постоянны с возрастом, что было бы более точным, чем предположение о том, что запасы углерода в почве в лесах увеличиваются с возрастом леса.	Ссылки на публикации представлены в разделе 6.4.1.1 НДК
L12	4.A.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями - CO_2	Используйте имеющиеся данные о количестве древостоя или другие характеристики, доступные на локальном уровне для охраняемых лесов, чтобы убедиться, что охраняемые леса имеют характеристики, аналогичные характеристикам среднестатистического управляемого леса в том же регионе, а также убедитесь, что нет расхождений в среднем возрасте и, следовательно, запасы углерода и предполагаемые изменения запасов подходят для оценок охраняемых лесов.	Сбор информации о лесах ООПТ включен в план усовершенствований.
L14	4.A.1 Пахотные земли, переведённые в лесные земли - CO_2	Использовать коэффициенты эмиссии, указанные в таблице 6.35 НДК, без 33-процентного понижающего коэффициента почвенного органического углерода, потерянного в результате пожара, при расчете изменений запасов углерода в почве под пахотными землями, переведёнными в лесные земли, для всех лет временного ряда.	Использован новый коэффициент 0,014, рассчитанный на основе публикации (Кулик, Павловский, 2008)
L15	4.A.2.1 Пахотные земли, переведённые в лесные земли - CO_2	Группа экспертов также рекомендует обеспечить согласованность показателей коэффициентов запаса углерода, представленных для валежной древесины, подстилки и почвы С в таблице 4.А ОФД для пахотных земель, переустроенных в лесные земли, и ее подкатегорий, проверяя, в частности, что показатели коэффициентов запаса углерода для валежной древесины, подстилки и почвы С под пахотными землями, переустроенными в лесные земли, равны средневзвешенному значению коэффициентов запаса углерода каждой подкатегории в соответствии с их площадями.	В таблицы ОФД внесены данные по площадям противоэрозионных и полезащитных насаждений, созданных до 1990 г., коэффициенты выбросов скорректированы.

Продолжение таблицы 6.81

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
L21	4.C.2.2 Пахотные земли, переведённые в луговые угодья - CO_2	Рассчитать для страны значение запасов углерода мертвого органического вещества на пахотных землях, которое будет использоваться для оценки изменений запасов углерода в мертвом органическом веществе на пахотных землях, переустроенных в пастбища, или, если это невозможно, использовать значение запаса углерода мертвого органического вещества по умолчанию, равное нулю для пастбищ при оценке изменений запасов углерода в мертвом органическом веществе на пахотных землях, переустроенных в пастбища.	Замечание учтено
L23	4.C.2.3 Водно-болотные угодья, переведённые в луговые угодья – CO_2	Группа экспертов рекомендует оценить и предоставить отчет о выбросах и абсорбции в результате изменений запасов углерода для площадей органических почв под водно-болотными угодьями, преобразованными в пастбища.	Добавлено в план усовершенствований
L25	4.G Заготовленные лесоматериалы (ЗЛМ) - CO_2	Экспертная группа обнаружила, что данные о производстве, импорте и экспорте пиломатериалов, деревянных панелей, бумаги и картона были даны только с 1990 года в таблице 4.G CRF (лист 2). Кроме того, пиломатериалы не были указаны в таблице 4.G CRF (лист 1) как подкатегория твердой древесины. Была дана рекомендация о том, чтобы Российская Федерация сообщила данные о производстве, импорте и экспорте пиломатериалов, деревянных панелей, бумаги и картона в период с 1960 по 1989 год в таблице 4.G CRF (лист 2), а также о пиломатериалах как подкатегории твердой древесины в таблице CRF. 4.G (лист 1).	Недостающие данные были внесены в соответствующие таблицы CRF.
L26, L.45	4.G Заготовленные лесоматериалы (ЗЛМ) - CO_2	Группа экспертов по проверке отметила, что общий объём лесозаготовок, представленный на рисунке 6.8 НДК (например, 284 млн. $м^3$ в 1990 году), намного выше, чем статистика производства, представленная в таблице 4.G CRF (около 114 млн. $м^3$ в 1990 году). Поступила рекомендация улучшить согласованность между информацией о лесозаготовках, представленной в категории 4. Лесные угодья, и производством ЗЛМ, представленной в категории 4.G ЗЛМ Группа экспертов призывает Российскую Федерацию повысить прозрачность отчетности, предоставив в НДК блок-схему, описывающую потоки древесины от производства круглого леса до конечного использования древесины, включая оценки каждого потока, возможно, включая грубые оценки потоков, которые соответствуют доступной статистике ЗЛМ.	В НДК была включена блок-схема, описывающая потоки древесины в данной категории.
L27	4. ЗИЗЛХ	Провести анализ, чтобы определить, какие пулы и подкатегории углерода являются значимыми в каждой ключевой категории в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК 2006 г. и сообщить в NIR подробную информацию о результатах этого анализа.	Представлено в разделе 6.6 НДК, таблица 6.80

Продолжение таблицы 6.81

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
L28	4. ЗИЗЛХ(сектор в целом)	Группа экспертов по проверке рекомендует сообщать оценки изменений запасов углерода и связанных с ними выбросов и абсорбции при переустройстве из управляемых земель в неуправляемые для всего временного ряда до тех пор, пока управляемые земли в процессе перехода не достигнут нового равновесного уровня запасов углерода неуправляемых земель после которых не нужно сообщать связанные выбросы и абсорбцию на неуправляемых землях. Также рекомендуется использовать либо 20-летний переходный период по умолчанию, либо, при необходимости, переходный период для конкретной страны в соответствии с национальными обстоятельствами, в последнем случае предоставив подтверждающие доказательства в НДК для его определения.	Изменения запасов углерода во всех пулах углерода для управляемых лесных земель, переустроенных в неуправляемые лесные земли, оцениваются на основе данных лесного реестра.
L29	Представление земель	Группа экспертов по проверке рекомендует, чтобы Сторона представила в НДК подробную информацию о том, как неуправляемые лесные земли, луговые и водно-болотные угодья определяются в соответствии с национальными определениями землепользования, включая информацию о том, как определяются неуправляемые земли. Также рекомендуется, чтобы Сторона включила в НДК подробную информацию об определении иной категории земель, включая тундру и нарушенные земли без значительных запасов углерода в почве и растительности, а также информацию о географическом положении тундры в стране и информацию об ограниченном вмешательстве человека в тундровые экосистемы. Также рекомендуется, чтобы Сторона включила тундровые районы в категорию пастбищ и, если применимо, классифицировала тундры как неуправляемые пастбища.	Определения неуправляемых лесных земель, луговых и водно-болотных угодий представлено в разделе 6.2 НДК. Включение тундр в состав неуправлемых земель возможно в следующем НДК.
L30	Представление земель	Группа экспертов по проверке рекомендует исправить все несоответствия, выявленные в отчетности о представлении. 1) В таблице 4.1 ОФД для всех лет и категорий землепользования исходная площадь, указанная в данный год (X) должна быть равна последней площади предыдущего года (X – 1); 2) В таблице 4.1 ОФД общая площадь страны должна быть постоянной на протяжении всего временного ряда; 3) В исходных таблицах ОФД 4.A – 4.F для всех лет и категорий землепользования общие площади, указанные в отчетном году, должны совпадать с общими окончательными площадями соответствующих категорий, указанными в таблице 4.1 ОФД для того же самого года; 4) Общая площадь страны, полученная как сумма категорий землепользования из исходных таблиц	Внесены корректировки в таблицу 4.1 ОФД

Продолжение таблицы 6.81

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
		ОФД 4.A – 4.F, должна быть постоянной и равняться общей площади страны, указанной в таблице 4.1 ОФД; 5) Зарегистрированные площади переустройства землепользования должны проверяться на основе ежегодных изменений в землепользовании, указанных в таблице 4.1 ОФД, с учетом переходного периода, выбранного Стороной. ГЭР также рекомендует Стороне при необходимости пересмотреть свои оценки выбросов и абсорбции ПГ, чтобы учесть исправления в отчетности о представленности земель, и сообщить о последствиях перерасчетов, сделанных в этом отношении в соответствующих разделах НДК.	
L31	4.A.1 Лесные земли – CO2, N2O, CH4	Рекомендуется собирать и использовать фактические данные о нарушениях (пожары и сплошные рубки) для оценки потерь запасов углерода на лесных землях, остающихся лесными землями, чтобы гарантировать, что выбросы не будут переоценены или недооценены, и сообщать фактические выбросы за год, в которые они происходят.	Внесено в план по усовершенствованию. В представленной версии кадастра использование фактических данных о нарушениях не реализовано согласно решению совещания по вопросам подготовки Национального кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом (1990-2020 годы), которое состоялось 15 февраля 2022 г. в Росгидромете с участием заместителя министра С.М.Аноприенко, руководителя Росгидромета И.А.Шумакова и заместителя руководителя Рослесхоза А.В. Панфилова (протокол 140-01-95/01 от 28.02.2022 г.).
L32	4.A.1 Лесные земли – CO2	Предоставить в НДК подробное объяснение того, как оцениваются изменения запасов углерода во всех пулах углерода для неуправляемых лесных земель, переустроенных в управляемые лесные земли, в частности, в год переустройства, включая информацию об используемых уравнениях и значениях параметров, использованных в уравнениях до и после преобразования, и их источники, а также то, как обеспечивается последовательность в обработке земельной площади, используемой для оценки изменений запасов углерода, чтобы предотвратить ошибочные выводы относительно	Изменения запасов углерода во всех пулах углерода для неуправляемых лесных земель, переустроенных в управляемые лесные земли, оцениваются на основе данных государственного лесного реестра.

Продолжение таблицы 6.81

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
		увеличения содержания и изменения запасов углерода в следствие увеличения площади управляемых лесных угодий.	
L33	4.A.1 Лесные земли – CO2, N2O, CH4	Рекомендуется собирать данные и сообщать об изменениях запасов углерода и связанных с ними выбросах и абсорбции лесными землями обороны и безопасности, начиная с 1993 года, обеспечивая согласованность временных рядов, и включать соответствующие данные в НДК.	Площади и баланс углерода лесных земель обороны и безопасности включены с 1993 года в отчетность
L34	4.A.1 Лесные земли – CO2, N2O, CH4	Рекомендует указывать площади кустарников как отдельную категорию лесных земель и связанные с ними выбросы от нарушений (пожары и вырубки) в соответствующих таблицах ОФД. ГЭР также рекомендует, чтобы Сторона оценивала потери запасов углерода и связанные с ними выбросы из-за нарушений на основе доли этих земельных участков в каждом регионе и площади, затронутой нарушениями в каждом регионе, до тех пор, пока не станут доступны более качественные и точные данные.	Планируется представить информацию о покрытых лесом землях с преобладанием кустарников как отдельную категорию лесных земель в следующем НДК
L35	4.A.1 Лесные земли – N2O	Рекомендуется оценивать прямые и косвенные выбросы N2O, связанные с потерей почвенного органического вещества в минеральных почвах управляемых лесов, остающихся лесными землями, вследствие изменений в управлении или нарушениях, в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК 2006 г. (том 4, глава 2.3.3.1, стр. 2.29 и том 4, глава 11, уравнения 11.1 и 11.10, стр. 11.7 и стр. 11.21, соответственно) и сообщать об этих выбросах в ОФД таблицы 4 (III) и 4 (IV) соответственно.	Оценки не выполнены в связи отсутствием изменений в землепользовании при нарушениях лесных земель в результате рубок и пожаров
L36	4.A.1 Лесные земли – CO2	Включить сбор данных по лесам на землях ООПТ в план улучшения следующего ежегодного представления.	Включено в план усовершенствований
L37	4.A.2.1 Пахотные угодья, переведенные в лесные земли – CO2, N2O, CH4	Рекомендуется собирать и сообщать фактические данные по нарушениям защитных насаждений, созданных на пахотных угодьях. Представить в НДК подробную информацию о том, как оцениваются потери запасов углерода из-за нарушений во всех пулах углерода для пахотных земель, переустроенных в лесные земли.	Включено в план усовершенствований
L39	4.C.2.2 Пахотные угодья, переведенные в луговые угодья – CO2	ГЭР рекомендует, чтобы Сторона использовала среднее значение 2,9 т C / га / год для оценки изменений запасов углерода биомассы на пахотных землях, переустроенных в пастбища, и пересмотрела изменения запасов углерода, указанные в таблице 4.C ОФД, за все годы инвентаризации.	Замечание учтено
L40	4.C.2.2 Пахотные угодья, переведенные в луговые угодья – CO2	ГЭР рекомендует Стороне пересмотреть отчетность о запасах углерода в таблице 4.C ОФД и сообщить об изменениях запасов углерода в живой биомассе на пахотных землях, переустроенных в пастбища, в связи с резкими изменениями био-	Замечание учтено

Продолжение таблицы 6.81

ID	Категория источников, газы	Замечание экспертов по проверке	Ответы на замечания; внесённые изменения или усовершенствования
		массы, связанными с изменением землепользования, только в те годы, в течение которых происходит преобразование пахотных земель в пастбища.	
L41	4.E.2.1 Forest land converted to settlements – CO2, N2O, CH4	ГЭР рекомендует, чтобы Сторона пересмотрела совокупную неопределенность переустройства лесных земель в населенные пункты для всех газов, используя обновленные значения неопределенности для биомассы, мёртвой древесины, подстилки и минеральных почв, если это необходимо. ГЭР также рекомендует, чтобы Сторона объяснила в НДК причины обновления значений неопределенности для различных пулов лесных земель, переустроенных в поселения.	Замечание учтено
L43	4.E.2.2 Cropland converted to settlements – CO2	ГЭР рекомендует, чтобы Сторона применяла правильные средние значения запасов углерода для возделываемых земель и поселений при оценке изменения запасов углерода в биомассе на возделываемых землях, преобразованных в поселения, и исправила изменения запасов углерода, указанные в таблице 4.E ОФД, для всего временного ряда кадастра, гарантируя, что среднее значение запаса биомассы в населенных пунктах не будет учитываться дважды.	Замечание учтено
L44	4.G Заготовленные лесоматериалы – CO2	ГЭР рекомендует, чтобы Сторона указала правильный период полураспада в 35 лет для пиломатериалов в таблице 4.G ОФД (лист 1) для всего временного ряда кадастра, а также указала в НДК источник значений периода полураспада, использованных для категории ЗЛМ и указала коэффициенты, использованные для преобразования единиц продукта в углерод как для массивной древесины, так и для бумаги и картона в таблице 4.G ОФД (лист 2).	Исправлено
L45	4.G Заготовленные лесоматериалы	ГЭР повторяет призыв к Российской Федерации повысить прозрачность своей отчетности путем предоставления блок-схемы в НДК, описывающей потоки древесины от производства круглого леса до конечного использования, включая оценки каждого потока, возможно, включая примерные оценки, если недоступна официальная статистика.	В соответствующий раздел НДК была включена блок-схема, описывающая потоки древесины в данной категории.
L46	4(III) Direct N2O emissions from N mineralization/immobilization – N2O	ГЭР рекомендует, чтобы Сторона указала в таблице 4 (III) ОФД совокупную площадь земель, переустроенных в поселения, связанных с потерей органического углерода из минеральных почв за все годы временного ряда кадастра в соответствии с примечанием (3) к таблице 4 (III) ОФД	Планируется учесть замечание в кадастре следующего года

6.9 Планируемые усовершенствования

В секторе ЗИЗЛХ предусматриваются следующие усовершенствования:

– использовать фактические данные о нарушениях (пожары и сплошные рубки) для оценки потерь запасов углерода на лесных землях, остающихся лесными землями;

- 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 ежегодной проверке Национального кадастра выбросов парниковых газов Российской Федерации;
- оценить пулы и подкатегории, которые являются значимыми в каждой ключевой категории.

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 получением 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 (Сектор 5 ОФД)

7.1 Обзор по сектору

Учитываемые в секторе «Отходы» выбросы парниковых газов включают:

- CH_4 от захоронения твердых коммунальных и промышленных отходов на свалках и полигонах;
- CH_4 и N_2O от биологической обработки отходов;
- CH_4 от очистки коммунально-бытовых и промышленных сточных вод;
- N_2O от сброса бытовых стоков в водные объекты.

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. Выбросы от сжигания биогаза полигонов на факельных установках не учитывались ввиду их незначительности.

Суммарный выброс парниковых газов по сектору составил в 2020 г. 95 375 Гг CO_2-экв. Начиная с 1999 года, в секторе отмечается значительный устойчивый рост выбросов парниковых газов. Он связан с увеличением количества ТКО, накапливаемых на полигонах, а также, частично, с увеличением объемов производства в некоторых отраслях промышленности, повлекшим за собой рост объемов очистки сточных вод. Прирост выбросов по сектору в 2020 г. по сравнению с 1990 годом составил 80,4%. В 2020 г. выброс парниковых газов в секторе «Отходы» увеличился на 2,7% по сравнению с 2019 г.

Наибольший вклад в общий выброс парниковых газов от сектора «Отходы» в 2019 г. внесли эмиссии от захоронения твердых отходов. Их вклад в целом составил 70,9%, а вклад только выбросов CH_4 от контролируемого захоронения ТКО составил 63,7%. Оставшуюся часть выбросов дали выбросы от захоронения промышленных отходов. Выбросы от контролируемого захоронения твердых отходов постоянно увеличивались в течение всего периода, несмотря на некоторое снижение численности населения, и к 2020 г. их прирост по сравнению с 1990 годом составил 152,7%. В 2020 г. рост выбросов метана от управляемого захоронения отходов составил 3,1% по отношению к 2019г. 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.

Выбросы от сточных вод являются следующими по величине вклада по сектору, при этом в 2020 году они стали на 6,4% выше, чем в 1990 году, составив 29,1% всех выбросов от сектора «Отходы». Выбросы CH_4 от процессов очистки коммунально-бытовых сточных вод (КБС) являются следующими по величине после выбросов от управляемого захоронения отходов, составив в 2020 году 15,1% всех выбросов. При этом в 2020 г. они были на 3,2% ниже уровня 1990 г. с разнонаправленными трендами на протяжении всего периода оценки, обусловленными динамикой численности населения и увеличением доли населения, проживающего в оборудованных канализацией районах. В отдельные годы на значения эмиссии оказывало влияние введение в действие заводов по сжиганию ила и рост численности населения крупных городов, где используются метантенки при оборудовании очистных сооружений.

Выбросы CH_4 от очистки промышленных сточных вод в 2020 г. не только вернулись на уровень 1990 г., но и превысили его на 24,6%, 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 до 2008-2010 гг.; последние годы опять характеризуются ростом (за исключением отдельных лет, в том числе 2020 г.). Вклад данной категории в общий выброс парниковых газов по сектору в 2020 году составил 10,9%, при этом рост выбросов был около 4,6% к уровню 2019 г.

Выброс N_2O от сброса бытовых стоков в 2020 г. был на 3,4% больше выброса 1990 г., практически оставшись на том же уровне (выше на 1,2%), что и в предыдущем году. На протяжении периода расчета тренд этих выбросов был как положительным, так и отрицательным. Так, выбросы от фекальных сточных вод по большей части снижались до 2001 года, когда эта тенденция сменилась на противоположную, несмотря на снижение численности населения, в связи с увеличением потребления белковой пищи. Период до 2017 г. опять характеризуется ростом с неустойчивой динамикой, а 2017 она становится устойчивой. К 2020 году их вклад в общий выброс по сектору составил 3%.

Выбросы N_2O и CH_4 от биологической обработки ТКО оцениваются как незначительные, за весь период расчета, и не превышали 92,9 Гг CO_2-экв. (24 Гг CO_2-экв. в 2020 году). Изменение количества выбросов связано с деятельностью нескольких функционирующих в России заводов по компостированию отходов, один из которых был закрыт с 2017 года.

Тренды выбросов парниковых газов в секторе «Отходы» представлены в таблице 7.1 и на рисунке 7.1.

В связи с изменением подхода к оценке выбросов от захоронения отходов, а также внесением изменений в отдельные ряды данных о деятельности, был произведен пересчет значений выбросов для всего временного ряда. При этом выбросы 1990 года снизились на 10,9%, а выбросы 2019 года снизились на 7,3%.

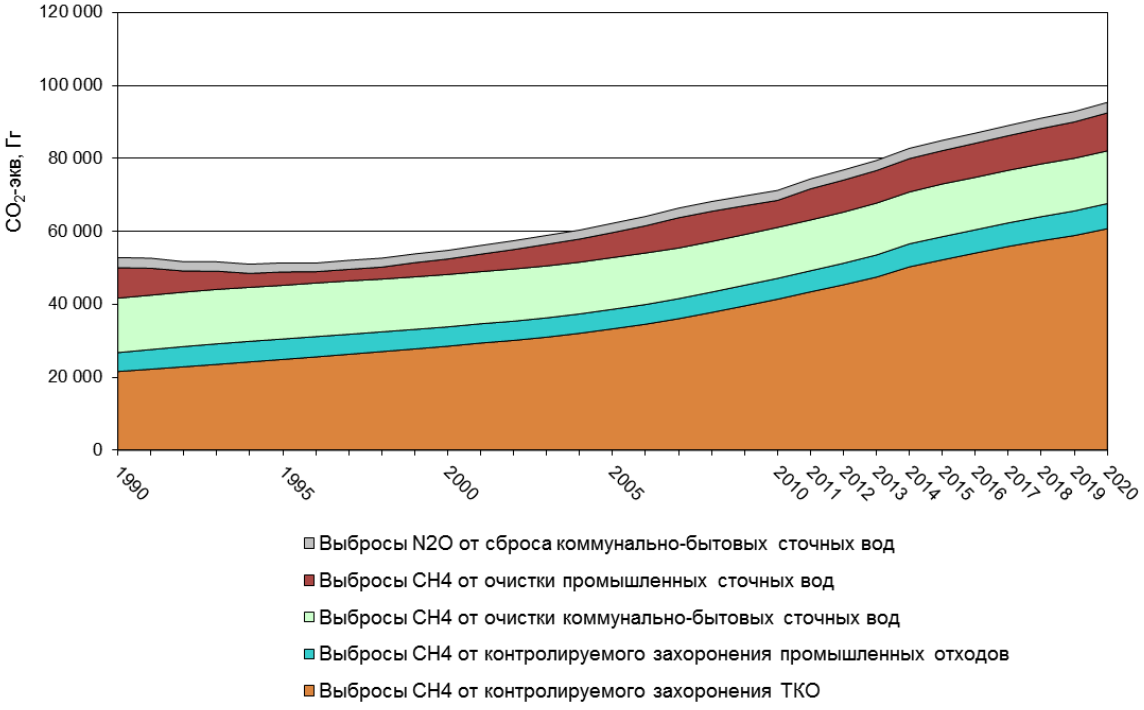

Рисунок 7.1 – Выбросы парниковых газов в секторе «Отходы» за весь расчетный период, Гг CO_2-экв. (Выбросы парниковых газов от биологической обработки отходов не показаны ввиду их незначительности.)

Таблица 7.1

Выбросы парниковых газов в секторе «Отходы», Гг CO_2-экв.[1)]

Год	Захоронение твердых отходов			Биологическая обработка отходов			Сброс и очистка сточных вод				Итого
	Выброс CH_4 от ТКО (контролируемые СТО)	Выброс CH_4 от ТПО (контролируемые СТО)	Всего	Выброс CH_4 от компостирования отходов	Выброс N_2O от компостирования отходов	Всего	Выброс CH_4 от КБС	Выброс CH_4 от промышленных сточных вод	Выброс N_2O от КБС	Всего	
1990	21 574	5 178	26 753	30	21	51	14 928	8 353	2 785	26 067	52 871
1995	24 888	5 604	30 491	40	29	69	14 698	3 674	2 489	20 862	51 422
2000	28 512	5 309	33 821	48	35	83	14 352	4 251	2 351	20 953	54 857
2005	33 276	5 350	38 625	48	35	83	14 190	6 854	2 539	23 583	62 292
2010	41 403	5 697	47 100	51	36	87	13 971	7 420	2 719	24 110	71 297
2011	43 406	5 782	49 188	46	33	79	13 945	8 522	2 726	25 193	74 460
2012	45 356	5 903	51 259	49	35	83	14 011	8 789	2 783	25 583	76 926
2013	47 443	6 073	53 515	35	25	60	14 221	8 927	2 767	25 916	79 491
2014	50 265	6 308	56 573	41	29	70	14 217	9 156	2 810	26 183	82 827
2015	52 179	6 356	58 535	47	34	81	14 455	9 140	2 809	26 404	85 020
2016	54 054	6 374	60 427	30	22	52	14 398	9 331	2 771	26 501	86 980
2017	55 871	6 457	62 327	23	16	39	14 408	9 506	2 783	26 697	89 063
2018	57 431	6 596	64 027	8	6	14	14 469	9 700	2 832	27 002	91 043
2019	58 856	6 741	65 598	9	7	16	14 446	9 952	2 844	27 241	92 855
2020	60 722	6 894	67 616	14	10	24	14 446	10 410	2 879	27 735	95 375

[1)] С округлением

7.2 Захоронение твердых отходов на свалках и полигонах (5.А)

7.2.1 Описание источников выбросов парниковых газов

Отходами являются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства.

Одним из способов утилизации отходов в России является их размещение (захоронение) на полигонах - специально оборудованных площадках, предназначенных для изоляции и обезвреживания отходов. Некоторая часть отходов размещается на несанкционированных объектах – свалках.

В расчет выбросов включены следующие отдельные категории отходов:

- твердые коммунальные отходы;
- твердые промышленные (в т.ч. от сельского хозяйства) отходы.

Выбросы от обращения с навозом рассмотрены в секторе «Сельское хозяйство». Выбросы от осадка и активного ила сточных вод рассматриваются совместно с выбросами от сточных вод в разделах 7.4 и 7.5 и исключены из раздела 7.2.

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. В крупных населенных пунктах сбор таких отходов обычно организуется централизованно муниципалитетами или другими органами местного самоуправления.

К промышленным отходам отнесены отходы, образующиеся в результате производственной деятельности предприятий, в том числе сельскохозяйственных.

Твердые коммунальные и промышленные отходы (за исключением отходов горнорудной промышленности) захораниваются на полигонах (ранее и свалках), где производится их размещение в грунте или специальных картах, а также уплотнение и покрытие изоляционным материалом (Минздрав, 2001; Госсанэпиднадзор, 2003).

Захоронение твердых промышленных отходов (ТПО) осуществляется в зависимости от их опасности, как на специализированных полигонах, так и на полигонах для коммунальных отходов. На полигоны ТКО принимаются отходы жилищно-коммунального сектора и некоторые виды твердых промышленных отходов 3-4 класса опасности. Отходы, собираемые населением самостоятельно, могут несанкционированно размещаться и рассеиваться в окружающей среде (Роспотребнадзор, 2006).

Большая часть отходов в стране размещаются на крупных и очень крупных контролируемых свалках и полигонах твердых отходов (СТО) (Волынкина, Зайцева, 2010). На отдельных крупных полигонах ТКО в последние несколько лет функционируют проекты по сбору и сжиганию выделяющегося биогаза (см. подраздел 7.2.2 «Рекуперация метана»).

Результаты оценки выбросов за весь период расчета представлены в таблице 7.2. и рисунке 7.2. Как видно из таблицы, величина выбросов возрастает в течение всего периода, что связано, главным образом, с ростом объемов образования и захоронения ТКО, происходящим, несмотря на уменьшение численности населения страны в период 1996-2009 годов.

Таблица 7.2

Выбросы CH_4 от захоронения твердых отходов на свалках и полигонах, Гг [1)]

Год	Категории отходов			Итого
	ТКО (регион 1)	ТКО (регион 2)	ТПО	
1990	346	517	207	1 070
1995	409	586	224	1 220
2000	476	664	212	1 353
2005	559	772	214	1 545
2010	685	971	228	1 884
2011	715	1 021	231	1 968
2012	747	1 067	236	2 050
2013	785	1 113	243	2 141
2014	849	1 161	252	2 263
2015	884	1 204	254	2 341
2016	918	1 245	255	2 417
2017	950	1 285	258	2 493
2018	985	1 313	264	2 561
2019	1 016	1 339	270	2 624
2020	1 055	1 374	276	2 705

1) *С округлением*

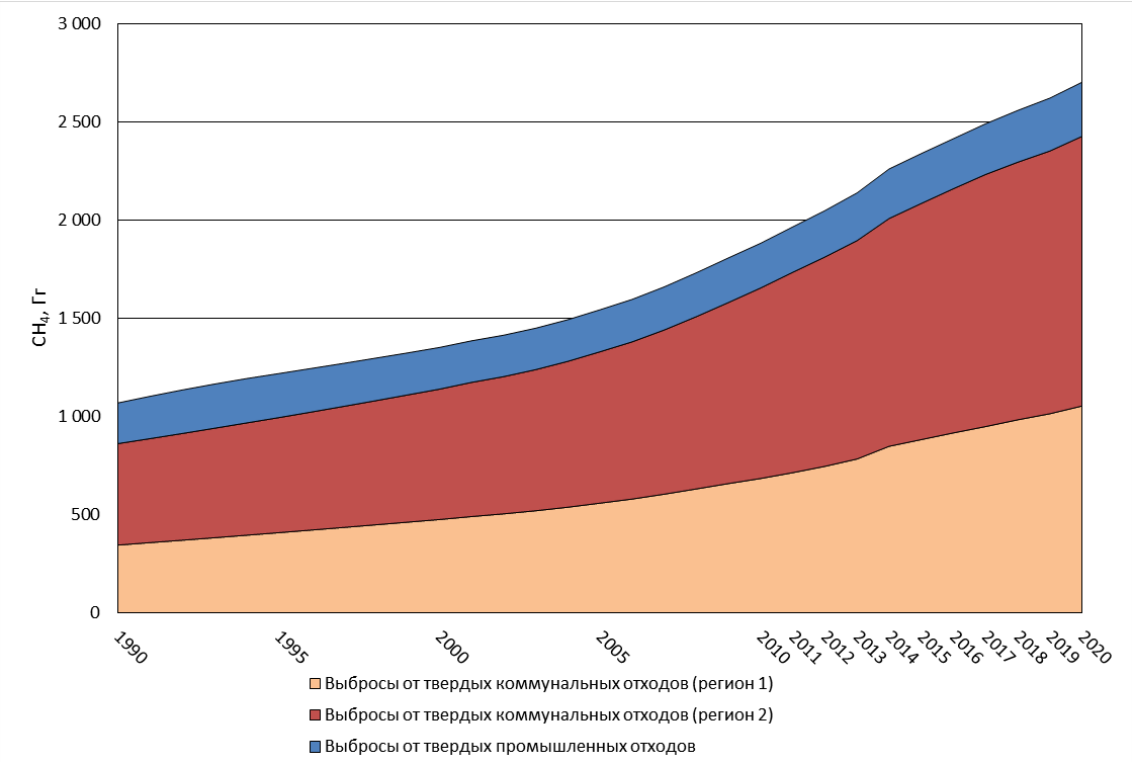

Рисунок 7.2 – Выбросы CH_4 от отдельных источников захоронения отходов, Гг

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.A.1.a) полигонов.

Оценка выбросов метана от объектов захоронения отходов выполнена как сумма рассчитанных по отдельности оценок выбросов от захоронения централизованно вывозимых на контролируемы полигоны ТКО и ТПО.

Учитывая, что в российских условиях на свалках и полигонах процесс разложения органического вещества ТКО заканчивается через 30-40 лет после захоронения отходов (Абрамов и др., 1991) и наличие данных по объемам захоронения ТКО и экономическому развитию России, в расчетах был использован временной ряд с 1960 года.

При оценке выбросов метана от ТКО были учтены выбросы, образовавшиеся в период 2014-2020 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)

Все свалки и полигоны, 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). Все полигоны, на которые вывозятся ТПО, считались контролируемыми анаэробными СТО, и для них принимался коэффициент MCF, равный 1 (МГЭИК, 2006). Это решение принято на основании данных о зависимости глубины полигонов (свалок) от массы вывозимых отходов и численности охватываемого населения (Абрамов, 1991), информации о полигонах из Государственного реестра объектов размещения отходов (Росприроднадзор, 2018) и свалках (ОНФ, 2018). При отсутствии точных данных был использован консервативный подход, исключающий занижение выбросов.

Содержание органического углерода

Содержание в твердых коммунальных отходах органического углерода (DOC) с 1980 по 2012 гг. оценивалось по многолетним результатам изучения среднего состава ТКО СССР и России (Мирный и др., 1985, Мирный и др., 1990, Систер и др., 2001, Мирный и др., 2005, Мирный и др., 2010) в разных климатических зонах.

Средневзвешенное содержание биоразлагаемого органического углерода DOC(x) в ТКО рассчитывалось с учетом имеющихся данных по эволюции его фракционного состава, национальных данных о содержании С в этих компонентах и значений по умолчанию МГЭИК о соотношении DOC и Сиск в этих компонентах (Минжилкомхоз РСФСР, АКХ им. К.Д. Памфилова, 1989; МГЭИК, 2006; Мирный и др., 2010; экспертная оценка). Итоговые данные получены в результате осреднения исходных данных о фракционном составе разных климатическим зон в различные годы и приведены в таблице 7.3. Из изучения различных исходных данных и соотвествующих исследований видно, что с течением времени в составе ТКО значительно растет доля бумаги (Мирный и др., 2010) 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.

Для более ранних лет было принято постоянное значение DOC равное 0,15, для периода после 2012 года принято постоянное значение 17,5. Данные для промежуточных лет между известными значениями были получены путем линейной интерполяции на основе этих значений.

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.

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	2011
Бумага	27,1	27,2	24,7	30,0	32,5	41,5	43,5
Текстиль	24,2	5,3	5,7	4,3	4,3	4,0	4,0
Пищевые отходы	12,6	38,1	37,3	41,5	36,7	31,0	29,5
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	6,0
Прочие (разложимые)	23,5	1,8	1,7	2,2	2,2	1,5	1,5
DOC (средневзвешенный)		15,5	14,8	16,2	16,3	17,5	17,9

Таблица 7.4

Содержание DOC в отходах разных типов промышленности России (%по сырой массе) и постоянная реакции k для них

Тип промышленности	DOC%	k
Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	15	-0,123
Текстильное и швейное производство	24	-0,05
Обработка древесины и производство изделий из дерева Лесное хозяйство и предоставление услуг в этой области	43	-0,025
Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	40	-0,05
Сельское хозяйство, охота и предоставление услуг в этих областях. Рыболовство, рыбоводство	20	-0,075
Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	39	-0,075
Строительство	4	-0,025

Постоянная реакции (k)

При проведении расчетов выбросы от всех фракций ТКО оценивались совместно (с использованием подхода «крупногабаритных отходов», МГЭИК, 2006), а 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).

Постоянные реакции k для промышленных отходов 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 учетена 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 в РУЭП-ЗИЗЛХ (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 (MAP) на участках СТО или соотношению MAP и потенциальной эвапотранспирации (PET). Для учета этого фактора при расчете были изучено распределение соответствующих параметров на территории России.

Данные по PET были сняты с карты потенциальной эвапотранспирации ЮНЕП (UNEP, 2006). По этой карте визуально определядось среднее значение эвапотранспирации для каждого региона с учетом административного деления России.

Годовая сумма осадков с учетом осадкомерной поправки (соответствующая MAP) была определена на основе данных карты «Среднемноголетнее среднемесячное количество осадков с учетом осадкомерной поправки за год. 2003-2009 гг.» (А.Н.Афонин, К.Л.Липияйнен, 2008) (Афонин и др., 2008).

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 соотвествующие им значения k приведены в таблице 7.5.

Таблица 7.5

Районирование территории России по условиям влажности и соотвествующие постоянные реакции k

Административное образование	**MAP**	**PET**	**MAP/PET**
Регион 2 (сухой) (MAP/PET <1) k = 0,05			
Астраханская область	325	1000	0,3
Республика Калмыкия	350	900	0,4
Челябинская область	425	1000	0,4
Город федерального значения Севастополь	400	1000	0,4
Республика Крым	400	1000	0,4
Оренбургская область	425	1000	0,4
Республика Дагестан	450	1000	0,5
Волгоградская область	450	1000	0,5
Курганская область	425	900	0,5
Ставропольский край	525	1000	0,5
Саратовская область	475	900	0,5
Новосибирская область	450	850	0,5
Алтайский край	450	850	0,5
Белгородская область	600	1000	0,6
Воронежская область	600	1000	0,6
Липецкая область	600	1000	0,6
Пензенская область	600	1000	0,6
Ростовская область	600	1000	0,6
Рязанская область	600	1000	0,6
Тамбовская область	600	1000	0,6
Самарская область	550	900	0,6
Омская область	500	800	0,6
Ульяновская область	600	900	0,7
Республика Мордовия	600	850	0,7
Курская область	600	800	0,8
Чувашская Республика - Чувашия	450	600	0,8
Забайкальский край	425	500	0,9
Орловская область	600	700	0,9

Продолжение таблицы 7.5

Административное образование	MAP	PET	MAP/PET
Чеченская Республика	600	700	0,9
Иркутская область	450	500	0,9
Архангельская область	550	600	0,9
Брянская область	550	600	0,9
Республика Карелия	550	600	0,9
Нижегородская область	600	650	0,9
Тульская область	600	650	0,9
Республика Башкортостан	750	800	0,9
Еврейская автономная область	570	600	1,0
Красноярский край	475	500	1,0
Томская область	570	600	1,0
Тюменская область	570	600	1,0
Регион 1 (влажный) (MAP/PET ≥1) k = 0,09			
Владимирская область	600	600	1,0
Город Москва федерального значения	600	600	1,0
Ивановская область	600	600	1,0
Калужская область	600	600	1,0
Кировская область	600	600	1,0
Костромская область	600	600	1,0
Московская область	600	600	1,0
Новгородская область	600	600	1,0
Псковская область	600	600	1,0
Республика Татарстан (Татарстан)	600	600	1,0
Республика Хакасия	400	400	1,0
Ярославская область	600	600	1,0
Вологодская область	650	600	1,1
Город Санкт-Петербург федерального значения	650	600	1,1
Ленинградская область	650	600	1,1
Республика Марий Эл	650	600	1,1
Смоленская область	650	600	1,1
Тверская область	650	600	1,1
Удмуртская Республика	650	600	1,1
Калининградская область	700	600	1,2
Пермский край	700	600	1,2
Амурская область	600	500	1,2
Приморский край	750	600	1,3
Республика Адыгея (Адыгея)	750	600	1,3
Республика Алтай	375	300	1,3
Республика Бурятия	375	300	1,3
Сахалинская область	750	600	1,3
Свердловская область	475	375	1,3
Хабаровский край	525	400	1,3
Краснодарский край	800	600	1,3
Республика Ингушетия	800	600	1,3
Республика Коми	750	550	1,4
Мурманская область	550	400	1,4

Продолжение таблицы 7.5

Административное образование	MAP	PET	MAP/PET
Кемеровская область - Кузбасс	700	500	1,4
Республика Тыва	320	200	1,6
Республика Саха (Якутия)	325	200	1,6
Карачаево-Черкесская Республика	1125	600	1,9
Магаданская область	375	200	1,9
Республика Северная Осетия-Алания	1125	600	1,9
Чукотский автономный округ	375	200	1,9
Камчатский край	750	250	3,0
Кабардино-Балкарская Республика	1125	300	3,8

Доля органического углерода, подвергшегося распаду; доли метана в свалочном газе и коэффициент окисления метана

Значения доли органического углерода, подвергшегося распаду (DOC_F=0,5) и доли метана в свалочном газе (F=0,5) и приняты по умолчанию (МГЭИК, 2006). Коэффициент окисления метана принимался равным нолю (МГЭИК, 2006). Эти значения использованы во всех расчетах выбросов.

Рекуперация метана

Рекуперация свалочного метана с целью его обезвреживания (утилизации) на объектах захоронения отходов 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 являются разрозненной и неполной. Однако согласно накопленным сведениям, большая их часть была реализована только в тестовом режиме в течение года или менее, и соотвественно, 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 соотвествующих данных и учет их при оценке выбросов метана от захоронения ТКО.

Официальная статистическая информация о деятельности таких проектов не собирается, для оценки выбросов используются данные об объеме сжигаемого биогаза, полученные непосредственно от предприятий. 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 последние несколько лет, включая биогазовую электростанцию на полигоне "Новый свет - Эко" (с 2015 года). Сжигание биогаза в этих системах дегазации ведется как с получением и использованием электроэнергии, так и без. Выбросы парниковых газов от сжигания биогаза в секторе «Отходы» не оценивались ввиду их незначительности. Выбросы парниковых газов 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 ОФД сжигаемый биогаз и выбросы от него включены вместе с другими видами такого топлива в раздел Energy: 1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach (отнесены к источнику 1.A.5a Other Stationary - Biomass).

Исходные данные для ТКО

Централизованно вывозимые твердые отходы захораниваются на крупных или средних санкционированных свалках и полигонах или перерабатываются на предприятиях по промышленной переработке мусора – сжигаются или компостируются (Абрамов и др., 1991; Мирный и др., 2010).

Данные о массе организованно 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 за 1999-2006 гг. получены пересчетом из официальных публикаций Росстата (Росстат, 2004b; Росстат, 2007), с 2007 года – пересчетом из баз данных Росстата (ЕМИСС, 2021), с использованием национального значения для плотности ТКО в 0,21 тонн/м^3 (Мирный и др., 2010, Масленников, 2006.). Данные о централизованном вывозе ТКО в 1991-1998 гг. статистикой не собирались и оценены путем интерполяции. Данные об отходах, централизованно вывозимых на территории Республики Крым и г. Севастополь за 2014-2020 гг., включены в российскую статистику о вывозе отходов из городских населенных пунктов (таблица 7.5). Данные о вывозе ТКО в Крыму с 1960 до 2013 года рассчитаны исходя из данных за 2014-2017 годы (ЕМИСС, 2021) о соотношении вывоза отходов на его територии и на остальной территории России (результаты расчета в таблицу 7.5 не входят).

Для определения массы ТКО, образуемых в климатических регионах 1 и 2 были использованы данные с 2007 года (ЕМИСС, 2021) об объеме их вывоза из городских населенных пунктов в различных административных образованиях РФ. 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 2007-2016 гг. без учета изменения этого соотношения во времени. Эти соотношения составляли 0,46 для региона 1 и 0,54 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 заводах в соответствии с местоположением этих установок. Полученные результаты приведены в таблице 7.6.

Начало использования в России в промышленных масштабах технологии сжигания мусора 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 и 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. Суммарная годовая мощность 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, полученные непосредственно от заводов. Общее количество ТКО, направляемых на сжигание и переработку на компост, относительно невелико и в период после 1990 г. составляет около 2,2-3,5% от всех централизованно вывозимых ТКО.

Сводные данные о вывозе, сжигании, переработке и захоронении ТКО в России приводятся в таблице 7.6.

Таблица 7.6

Централизованный вывоз ТКО для захоронения, сжигания и переработки на компост

Год	Вывоз ТКО[1)]	Вывоз ТКО[2)]	Сжигание ТКО	Переработка ТКО на компост	Захоронение ТКО Регион 1	Захоронение ТКО Регион 2
	млн. м^3	млн. тонн	млн. тонн	млн. тонн	млн. тонн	млн. тонн
1960	н.д.	3,00	0,00	0,00	1,39	1,61
1965	н.д.	6,80	0,00	0,00	3,15	3,65
1970	н.д.	10,70	0,00	0,00	4,96	5,74
1975	н.д.	16,95	0,09	0,14	7,85	8,92
1980	н.д.	22,00	0,15	0,14	10,19	11,58
1985	н.д.	24,80	0,50	0,26	11,39	12,72
1990	н.д.	26,40	0,51	0,24	12,09	13,56
1995	н.д.	28,54	0,46	0,32	13,12	14,64
2000	151,53	31,82	0,39	0,39	14,57	16,47
2005	186,38	39,14	0,65	0,39	17,96	20,13
2010	235,41	49,44	1,01	0,41	21,64	26,55
2011	241,14	50,64	1,02	0,37	22,93	26,32
2012	255,79	53,72	0,97	0,39	24,63	27,74
2013	260,90	54,79	0,96	0,28	25,19	28,35
2014	262,79	55,19	0,95	0,33	25,73	28,18
2015	266,55	55,97	0,63	0,38	26,35	28,61
2016	268,76	56,44	0,66	0,24	26,34	29,20
2017	274,42	57,63	0,67	0,18	27,63	29,15
2018	275,43	57,84	0,74	0,07	27,00	30,03
2019	304,40	63,92	0,58	0,08	30,26	33,00
2020	334,33	70,21	0,58	0,11	33,76	35,75

[1)] Данные Росстата

[2)] При наличии информации Росстата об объеме вывоза ТКО данные о массе рассчитаны с использованием плотности отходов 0,21 тонн/м^3

Исходные данные по ТПО

Данные статистической отчетности по объемам захоронения ТПО с 2009 года (по типам промышленности) были предоставлены Росприроднадзором (за исключением 2019 г.). 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; ЦБСД, 2017, ЕМИСС, 2021). При этом, межгодовое изменение объема захоронения ТПО считалось пропорциональным межгодовым изменениям индексов. Данные за 2019 год, ввиду отсутствия исходных данных Росприроднадзора, были рассчитаны по этой же схеме. Итоговые значения приведены в таблице 7.7.

Таблица 7.7

Индексы промышленного производства и производства продукции сельского хозяйства и масса захороненных промышленных отходов

Год	Индексы, % к 2000 году		Захоронение на полигонах отходов, образованных в отраслях производства, т.						
	Промышленного производства	Производства продукции сельского хозяйства	Целлюлозно-бумажное, издательское и полиграфическое	Текстильное и швейное	Древесина и изделия из дерева, лесное хозяйство	Кожа, изделия из кожи	Строительство	Производство пищевых продуктов	Сельское хозяйство и охота, рыболовство и рыбоводство
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1960	37,8	99,6	332 450	9 266	105 452	4 967	376 112	154 829	225 956
1965	54,7	108,3	481 180	13 411	152 629	7 189	544 375	224 096	245 693
1970	81,3	134,6	715 421	19 939	226 930	10 688	809 380	333 188	305 358
1975	115,5	134,3	1 016 561	28 332	322 451	15 187	1 150 070	473 436	304 678
1980	141,4	139,5	1 244 902	34 696	394 880	18 598	1 408 401	579 780	316 474
1985	167,1	154,4	1 471 352	41 007	466 709	21 981	1 664 590	685 242	350 277
1990	190,6	164,7	1 678 104	46 769	532 290	25 070	1 898 496	781 532	373 644
1995	95,1	110,3	837 069	23 329	265 516	12 505	947 005	389 842	250 230
2000	100,0	100,0	880 337	24 535	279 241	13 152	995 955	409 993	226 863

Продолжение таблицы 7.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2005	131,1	112,2	1 154 456	32 175	366 190	17 247	1 306 075	537 657	254 435
2010	143,5	115,9	1 609 730*	31 387*	231 562*	14 514*	1 068 517*	447 512*	237 826*
2011	150,7	141,8	1 577 151*	28 395*	358 505*	19 173*	1 612 498*	516 021*	390 567*
2012	155,8	133,8	1 376 307*	30 162*	369 039*	23 231*	1 310 894*	574 373*	1 047 075*
2013	156,4	140,6	1 988 437*	70 086*	564 972*	19 350*	1 553 511*	894 740*	285 088*
2014	160,3	146,4	1 139 856*	47 310	393 861*	28 927*	1 744 371*	711 641*	325 535*
2015	160,7	149,5	1 041 527*	34 533*	473 994*	11 557*	1 845 751*	587 867*	356 674*
2016	163,6	156,7	1 030 809*	66 819*	516 590*	165 173*	1 915 980*	751 653*	360 927*
2017	169,6	161,2	1 363 818*	40 087*	391 860*	25 442*	2 853 000*	1 363 818*	395 901*
2018	175,5	160,9	1 532 400*	39 421*	540 683*	20 978*	5 689 124*	690 894*	439 973*
2019	181,5	167,8	1 584 790	40 769	559 168	21 695	5 883 624	714 514	421 834
2020	177,7	170,0	1 583 934*	28 642*	459 431*	17 854*	2 109 221*	726 455*	348 048*

** – данные, полученные из статистической отчетности Росприроднадзора*

7.2.3. Оценка неопределенностей

Оценка неопределенностей выбросов CH_4 проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (МГЭИК, 2000, 2006) для контролируемых анаэробных полигонов ТКО и ТПО.

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 полигонах. 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 ТБО 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) для использованных данных по умолчанию МГЭИК. Общая неопределенность данных для оценки выбросов CH_4 от захоронения ТКО и ТПО на контролируемых анаэробных полигонах составила 28%, а коэффициентов и параметров – 19%.

Общая неопределенность. Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CH_4 от захоронения отходов на контролируемых анаэробных полигонах составила 33%.

7.2.4. Оценка и контроль качества

В процессе подготовки раздела 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 сектору «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 в секторе «Отходы», был произведен контроль корректности расчетов и проверена правильность заполнения таблиц ОФД. 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 ОФД. При необходимости, выполняется пересчет величин выброса парниковых газов. 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 от данной категории источников в следующем году.

7.2.5. Перерасчеты

В текущем Национальном кадастре была произведена переоценка выбросов метана в связи с:

– пересчетом количества захорониваемых ТКО из-за изменения подходов к их оценке и исключения отходов, образуемых на сельских территориях и собираемых нецентрализованно;

– уточнением количества сжигаемого биогаза в 2018-2019 гг.

В результате был произведен перерасчет выбросов CH_4 от СТО для всего временного ряда. Из-за произведенных пересчетов так же были изменены данные о длительном хранении углерода с 1990 года.

В результате описанных изменений выбросы за 1990 год уменьшились на 19,4%, а за 2018 год – уменьшились на 10%.

7.2.6. Планируемые усовершенствования

В дальнейшем планируется продолжение уточнения количества захороненных отходов, в том числе по свалкам и полигонам различных типов и степени контролируемости. Будет проводиться сбор данных для получения информации об охвате населения централизованным сбором отходов, а также о сборе отходов в сельских населенных пунктах и их компонентном составе.

Будет продолжено исследование по оценкам количества сжигаемого биогаза, в том числе для энергетического использования, в проектах по дегазации полигонов.

7.3 Биологическая обработка твердых отходов (5.B.)

7.3.1 Описание источников выбросов парниковых газов

Оценка выбросов парниковых газов от биологической обработки твердых отходов включает оценку выбросов CH_4 и N_2O от компостирования ТКО.

Утилизация ТКО по технологии аэробного биотермического компостирования применяется в России с 1971 года на специализированных мусороперерабатывающих заводах. Анаэробная переработка комунальных отходов и биологическая обработка промышленных отходов в расчетах не учитывается, так как сведения о наличии такой деятельности отсутствуют. Выбросы от осадка и активного ила сточных вод рассматриваются совместно с выбросами от сточных вод в разделах 7.4 и 7.5 и исключены из раздела 7.3.

К твердым коммунальным отходам 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 полигоны (свалки) отходов, либо (в редких случаях) используют в ландшафтном планировании территорий.

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 парниковых газов от компостирования ТКО использованы факторы 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 для 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 по производству компоста, которая определялась на основании данных, приведенных в литературных источниках (Мирный и др. 1990, Тимонин 2003). Для более поздних лет были использованы данные, полученные непосредственно от заводов. Данные о биологической переработке ТКО приводятся в таблице 7.5, при этом общее количество компостируемых отходов, относительно всех образующихся ТКО, очень невелико. Проекты по рекуперации образующегося биогаза в России не выполнялись.

Таблица 7.8

Выбросы парниковых газов от биологической обработки отходов, Гг

Год	Выброс CH_4	Выброс N_2O
1990	1,20	0,07
1995	1,60	0,10
2000	1,94	0,12
2005	1,94	0,12
2010	2,04	0,12
2011	1,85	0,11
2012	1,94	0,12
2013	1,39	0,08
2014	1,64	0,10
2015	1,89	0,11
2016	1,21	0,07
2017	0,91	0,05
2018	0,33	0,02
2019	0,38	0,02
2020	0,57	0,03

7.3.3 Оценка неопределенностей

Оценка неопределенностей выбросов CH_4 и N_2O 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 CH_4 и N_2O высоки, и составляют соответственно 100% и 112% (МГЭИК, 2006).

Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CH_4 и N_2O 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 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 сектору «Отходы», и соответствуют процедурам контроля качества, выполнение

которых предписано регламентом уровня 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 данной категории источников в следующем году.

7.3.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем Кадастре перерасчет выбросов парниковых газов от биологической переработки отходов не производился.

В дальнейшем планируется уточнение количества и видов отходов, подвергаемой биологической переработке, а также применяемых технологий.

7.4 Выбросы от сжигания отходов (5.C)

7.4.1 Описание источников

Оценка выбросов парниковых газов от сжигания отходов включает выбросы парниковых газов от инсинерации (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 (7-ФЗ №7 от 10.01.2002 г.). В свою очередь, согласно ФЗ «Об отходах производства и потребления» (Статья 18, 89-ФЗ от 24.06.1998) и «Об охране атмосферного воздуха» (96-ФЗ от от 04.05.1999), в Российской Федерации 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 исковые требования по выплате суммы причиненного экологического 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 осадка/активного ила.

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 коммунальных сточных вод, сжигается на специализированных заводах в г.Санкт-Петербурге (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 заводах отнесены к сектору «Энергетика». Выбросы от сжигания ископаемой части отходов учитывались как выбросы от твердого топлива, от сжигания биогенной части отходов и ила – как выбросы от биомассы.

В кадастре этого года объемы выбросов от сжигания ТКО и илов, рассчитанные по далее описанной методике (и сжигаемые с получением энергии), приведены в секторе "Энергетика" только в информационных целях. Так как ТКО в данном случае являются топливом, используемым для получения энергии, то они включены в статистическую отчетность энерго-произ-

водящих предприятий и, соответственно, учтены в топливно-энергетическом балансе, поэтому дополнительное включение рассчитанных в секторе Отходы объемов ТКО ранее приводило к двойному учету выбросов (см. п. 3.2.4.7).

Согласно обязательной государственной статистической отчетности предприятий, производящих электрическую и тепловую энергию (в том числе для собственных нужд) (статистические формы 23-Н "Сведения о производстве, передаче, распределении и потреблении электрической энергии" и 4-ТЭР "Сведения об использовании топливно-энергетических ресурсов" (Росстат, 2017b) мусоросжигательные заводы отчитываются о количестве сожженных коммунальных отходов и ила, относимых к прочим видам твердого топлива.

Соответственно, в таблицах ОФД сжигаемые отходы и выбросы от них включены вместе с другими видами топлива в раздел Energy: 1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach (отнесены к источнику 1.A.4 Other Sectors - 1.A.4.a.i Stationary combustion), и отдельно, в явном виде – там же в подразделы Information item: Biomass и Fossil fuels (waste incineration with energy recovery).

7.4.2 Методика оценки выбросов

Расчет выбросов от инсинерации отходов

Для выполнения расчетов выбросов CO_2 использовалось методика уровня 2а МГЭИК (МГЭИК, 2006, уравнение 5.2), 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 заводах, выбросы парниковых газов очень невелики: выброс CO_2, связанный с ископаемой частью углерода ТКО, на протяжении всего периода оценки находился в пределах 58,8-182,4 Гг, связанный с биогенной частью – в пределах 232,3-677,7 Гг. Выбросы N_2O и CH_4 в этот период не превышали 0,05 Гг/год.

Выбросы парниковых газов от сжигания осадка так же очень невелики: выброс CO_2 на протяжении всего периода оценки находился в пределах 32,1-125,7 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, соотвественно, 0,05% от всех выбросов парниковых газов 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 парниковых газов в России), выбросы от открытого сжигания отходов считаются в данном кадастре незначительными. Соответственно, в таблицах ОФД 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, для периода лет после 2012 года приняты значения для 2012 года.

Содержание в сжигаемых отходах ископаемого и органического углерода оценивалось по многолетним результатам изучения состава ТКО СССР и России (Мирный и др., 1990; Систер и др, 2001; Мирный и др., 2005; Мирный и др., 2010). Средневзвешенное содержание DOC и FCF в ТКО рассчитывалось с учетом имеющихся данных по эволюции их фракционного состава, национальных данных о содержании С в этих компонентах и значений по умолчанию

МГЭИК о соотношении DOC и Сиск в этих компонентах (Минжилкомхоз РСФСР, АКХ им. К.Д. Памфилова, 1989; МГЭИК, 2006; Мирный и др., 2010; экспертная оценка).

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 С иск и DOC (% по сырой массе)

Компонент/год	Собщ.%	С иск.% (в Собщ)	1990	2000	2004	2008	2011
Бумага	27,7	2,2	24,7	30,0	32,5	41,5	43,5
Пищевые отходы	12,6	0,0	37,3	41,5	36,7	31,0	29,5
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	4,0
Резина	65,0	29,9	3,3	1,4	1,4	0,8	0,8
Пластик	55,1	100,0	2,8	3,8	5,5	5,5	5,0
Прочие (горючие)	47,0	50,0	1,7	2,2	2,2	1,5	1,5
Отсев	13,9	50,0	11,3	5,8	6,0	6,0	6,0
Сиск, (средневзвешенный)%			4,5	4,2	5,1	4,8	4,6
DOC (средневзвешенный)%			16,4	16,8	16,9	17,8	18,2

Коэффициент окисления углерода (OF)

В расчетах использовано значение OF по умолчанию МГЭИК для инсинерации отходов (МГЭИК, 2006, таблица 5.2), равное 1.

Для окрытого 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 окрытого 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 окрытого 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 об объеме сжигания ТКО на мусоросжигающих заводах получены путем умножения суммарной установленной мощности заводов (Мирный и Скворцов, 1997, Зайцев, 2004, Сперанская и Цитцер, 2004) на коэффициент использования установленной мощности (Спе-

ранская и 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 на свалках и полигонах). Данные о массе сожженных ТКО приводятся в таблице 7.5. ТКО сжигается на заводах без разделения на отдельные компоненты.

Выбросы от осадка и активного ила сточных вод рассматриваются совместно с выбросами от сточных вод в разделах 7.5 и 7.6, за исключением осадка сточных вод, сжигаемого в г. Санкт-Петербурге. Исходные данные для расчета по массе сжигаемого сухого ила (кека) получены по запросу от ГУП «Водоканал Санкт-Петербург» и приведены в таблице 7.10.

Таблица 7.10

Количество сжигаемого в г.Санкт-Петербурге осадка сточных вод

Год	Масса осушенного осадка, т/сут	Численность жителей г.Санк-Петербурга, охваченных сбором осадков, тыс.чел.
1998	279,1	2 282,4
2000	471,5	2 262,4
2005	541,5	2 235,9
2010	1041,1	4 832,8
2011	1095,1	4 899,3
2012	1008,4	4 953,2
2013	1047,0	5 028,0
2014	1047,0	5 132,0
2015	893,3	5 191,7
2016	916,7	5 225,7
2017	932,0	5 281,6
2018	855,5	5 351,9
2019	995,4	5 383,9
2020	906,7	5 398,1

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 парниковых газов, 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 ОФД. 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 перерасчетов выбросов от сжигания отходов не производилось.

Планируется дальнейшее уточнение характеристик сжигаемых отходов разных типов, а также применяемых технологиях их сжигания.

7.5 Очистка бытовых сточных вод (5.D.1)

7.5.1 Описание источников выбросов парниковых газов

Оценка выбросов парниковых газов от обработки бытовых стоков включает оценку выбросов:

- CH_4 от различных систем обработки коммунально-бытовых сточных вод;
- N_2O от сброса коммунально-бытовых стоков в поверхностные водные объекты.

Результаты оценки выбросов представлены в таблице 7.11.

Таблица 7.11

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	597	334	9
1995	588	296	8
2000	574	231	8
2005	568	200	9
2010	559	152	9
2011	558	147	9
2012	560	124	9
2013	569	127	9
2014	569	132	9
2015	578	155	9
2016	576	170	9
2017	576	191	9
2018	579	213	10
2019	578	237	10
2020	578	254	10

Под коммунально-бытовыми сточными водами (КБС) 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 сточных вод. 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 и

отстойников. 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.

Бытовые сточные воды от одного или нескольких домашних хозяйств 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).

На всех этапах очистки сточных вод возможно образования осадка (отстоя) сточных вод. Его обычно подвергают дальнейшей обработке перед утилизацией, в том числе стабилизации, высушиванию и некоторым другим методам. Отстой, содержащий большое количество биологически разложимых веществ (образованный при вторичной и третичной обработке) подвергают анаэробному сбраживанию в метантенках либо анаэробному в реакторах перед его утилизацией.

На очистных станциях используются различные конструкции метантенков, в том числе оснащенные системами отведения, сбора и утилизации биогаза. Наиболее распространенным способом утилизации биогаза является его сжигание в котельных установках очистных сооружений канализации. Метантенки, оснащенные системами сбора и утилизации биогаза, имеются на больших станциях аэрации крупнейших городов России. В метантенках более старой конструкции утилизация биогаза не предусмотрена, и они работают со сбросом биогаза в атмосферу (Гюнтер, Гольдфарб, 1991).

При обработке избыточного активного ила и осадка сточных вод 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.

В связи с введением в действие в 1998 году в г. Санкт-Петербурге заводов по сжиганию осадка сточных вод, такие осадки, собираемые на очистных сооружениях города, сжигаются. В расчетах принято, что извлекаемый ил не участвует в процессе выделения метана и диоксида азота от сооружений очистки сточных вод (см. раздел 7.3 Сжигание отходов) и все выбросы происходят при его сжигании и учтены в секторе «Энергетика» (см. раздел 7.4).

7.5.2 Методика оценки выбросов

7.5.2.1 Методика оценки выбросов метана

Оценка выбросов CH_4, происходящих в результате обезвреживания коммунально-бытовых стоков, проводилась по уровню 2 методики МГЭИК (МГЭИК, 2006, уравнение 6.1) с использованием национальных коэффициентов и параметров.

В России в широких масштабах применяются только аэробные методы 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, 2015b; Минрегион, 2012a).

В системах централизованной очистки коммунально-бытовых стоков объектами, от которых возможна эмиссия метана, являются анаэробные сооружения и сооружения по обработке осадков, входящие в комплекс городских очистных сооружений канализации. Метан образуется в процессе анаэробного сбраживания осадков в специальных сооружениях – метантенках (Гюн-

тер, Гольдфарб, 1996; Госстрой, 1985; Минрегион, 2012b). Для локальных систем очистки источниками метана являются наиболее распространенные очистные сооружения – септики. При отсуствии очистных сооружений такими источниками являются выгребные ямы.

В связи с этим, выброс метана, связанный с очисткой коммунально-бытовых сточных вод, определялся как сумма выбросов (Гюнтер, Гольдфарб, 1996; Госстрой СССР, 1986; Минрегион, 2012) от:

- централизованных систем с аэробной биологической очисткой стоков и анаэробной обработкой осадков в метантенках (системы 1 типа);
- централизованных систем с аэробной биологической очисткой стоков, не оборудованных метантенками (системы 2 типа);
- от систем с обработкой стоков на месте (системы 3 типа);
- от локальных сооружений сбора стоков без их обработки (системы 4 типа).

Результаты расчета выбросов от отдельных источников их динамика по годам показаны на рисунке 7.3.

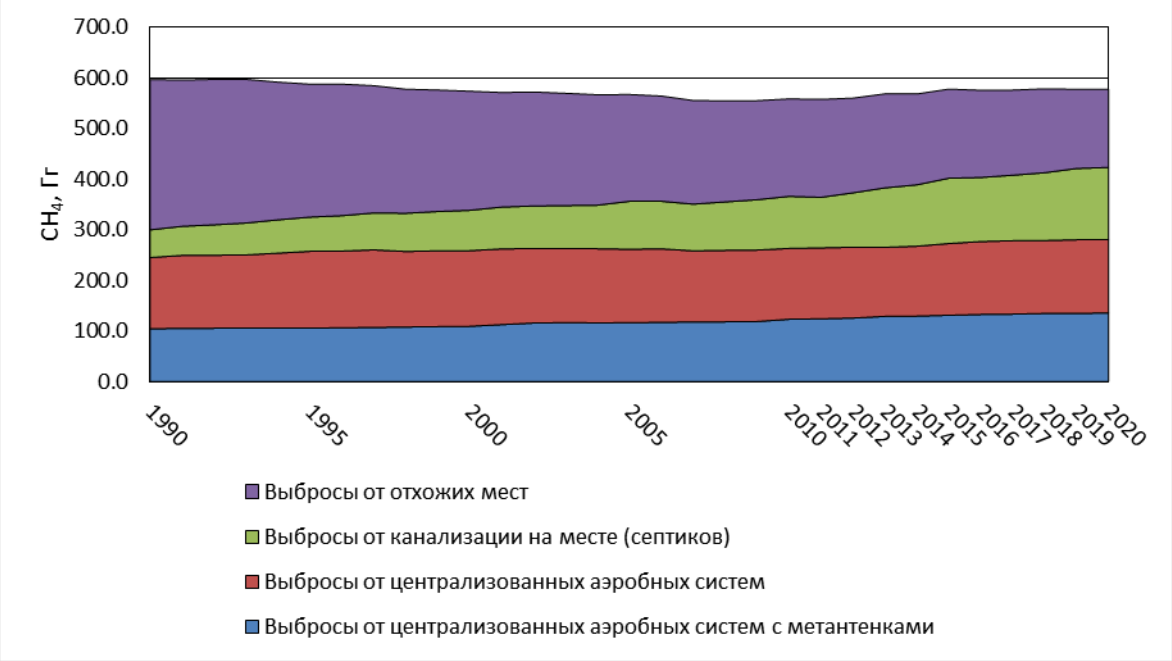

Рисунок 7.3 – Выбросы CH_4 от отдельных систем очистки бытовых сточных вод, Гг

Выбросы метана от сточных вод и их отстоя в системах всех типов оценивались совместно. Осадки сточных вод, извлекаемые из систем очистки сточных вод в г.Санкт-Петербург для дальнейшего сжигания, считались не участвующими в процессе выделения метана от сточных вод из-за кратковременности пребывания ила в таких сооружениях. Данные о количестве таких осадков приведены в разделе 7.3. «Сжигание отходов», а все выбросы парниковых газов от них включены в раздел «Энергетика», так как илосжигательные установки используются для получения энергии и тепла.

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.

При определении численности населения, охваченного системами 1 типа, 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). 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 с 1990 по 2018 год получены из статистических сборников Росстата (Росстат 2004a, 2010a, 2013, 2015, 2017c, 2019, 2020, 2021), данные об оборудовании очистных сооружений метантенками приняты без изменений по годам. Расчет скорректирован на численность жителей г.Москвы (АО «Мосводоканал», 2018; ЕМИСС, 2021), все основные очистные станции которой (в количестве 2-х отдельных систем) оборудованы метантенками, а численность жителелей является аномальной (значительно превышает этот показатель для других городов). Исходные данные и результаты расчета приведены в таблицах 7.12 и 7.13.

Для оценки степени применения систем 2 типа было использовано значение доли площади жилого фонда (отдельно в общей площади городского и сельского фонда), оборудованного централизованной канализацией. На первом этапе расчета определялась численность населения страны, охваченного системами канализации типа 1 и 2. Для этого численность городского населения Российской Федерации 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, затем из них вычиталась численность населения, использующая системы типа 1. В связи с введением в действие в 1998 году в г. Санкт-Петербурге заводов по сжиганию осадка сточных вод, эти значения скорректированы в сторону уменьшения с учетом численности жителей города (ЕМИСС, 2020) и мощности заводов (Рублевская, 2010). По аналогии с оценкой выбросов CH_4 от сооружений очистки сточных вод (когда все выбросы считаются происходящими от воды и ила только внутри очистных сооружений) в расчетах принято, что все выбросы парниковых газов от извлеченного ила происходят при его сжигании (т.е все органическое вещество стоков не участвует в процессе выделения метана от сооружений их очистки). В расчетах учтено, что все органическое загрязнение стоков от жителей города задерживается в системах водоочистки, оседая в виде ила (Минрегион России, 2012b). Использование прямых данных о количестве сожженного ила было признано нецелесообразным, так как в централизованные очистные сооружения города принимается заметное количество промышленных стоков.

Жители, использующие местные системы очистки стока, считались охваченным системами 3 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 2. Население страны, не пользующееся канализацией, считалось охваченным системами типа 4.

Данные о численности городского и сельского населения (табл. 7.6) получены из публикаций Росстата (Госкомстат, 1998; Росстат, 2004a; Росстат, 2007) и базы данных (ЕМИСС, 2021). 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, 2010b), базы статистических данных (ЕМИСС, 2021) 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, остсутствующие 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, 2 и 3 типа, устойчиво растет с 1990 г.

Таблица 7.12

Расчет численности населения России, использующего центральные водоочистные сооружения, оборудованные метантенками (система типа 1), тыс. чел.

Год	Численность жителей городов от 50 до 99,9 тыс. человек[1]	Численность жителей городов от 100 до 499,9 тыс. человек[1]	Численность жителей городов с населением 500 - 999,9 тыс. чел.[1]	Численность жителей городов с населением 1 млн. и более чел.[1]*	Численность городского населения г.Москвы[3]	Численность населения, использующего ЦВС с метантенками
	тыс.чел	тыс.чел	тыс.чел	тыс.чел	тыс.чел	тыс.чел
% сооружений с метантенками	**8**	**8**	**13**	**28**[2]	**100**	**Итого**
1990	9 932	25 604	12 132	16 500	8 880	17 883
1995	9 857	26 051	12 265	16 270	9 085	18 072
2000	9 792	25 593	13 173	15 166	9 933	18 689
2005	10 831	28 027	14 968	14 855	10 726	19 907
2010	10 854	26 251	15 755	16 840	11 382	21 076
2011	10 801	26 266	15 858	16 754	11 541	21 222
2012	10 653	27 004	14 510	17 903	11 613	21 565
2013	10 509	27 285	12 627	20 363	11 723	22 128
2014	10 703	27 345	12 755	20 240	11 839	22 163
2015	10 861	28 530	12 853	20 481	11 906	22 417
2016	10 810	28 852	12 931	20 980	12 017	22 653
2017	10 710	28 635	13 516	21 147	12 041	22 774
2018	10 594	28 394	13 576	21 723	12 148	23 018
2019	10 517	28 906	13 622	21 374	12 228	23 090
2020	10 323	28 682	14 156	21 423	12 273	23 185

**- 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) В исходных данных с учетом очистных сооружений г. Москвы это значение составляло 35%.

3) С 01.01.2013 г. данные по г. Москве приведены в старых границах, без учета ТиНАО.

Таблица 7.13

Расчет численности населения России, пользующегося различными системами очистки сточных вод

Год	Численность населения на начало года, млн. чел.[1]		Удельный вес площади, оборудованной канализацией, в общей площади жилого фонда[2], %		Численность населения, охваченного системами разного типа, млн. чел.			
	городского	сельского	в городской местности	в сельской местности	1 типа	2 типа[3]	3 типа	4 типа
1990	108,7	38,9	78	16	17,9	64,9	8,3	56,5
1995	108,3	40,1	82	24	18,1	70,1	10,3	50,0
2000	107,4	39,5	84	30	18,7	71,2	12,2	44,8
2005	105,2	38,6	86	34	19,9	69,3	14,4	40,2
2010	105,1[4]	37,8[4]	87	39	21,1	69,4	15,7	36,7
2011	105,4	37,5	88	39	21,2	69,6	15,2	36,8
2012	105,7	37,3	88	40	21,6	69,5	16,4	35,7
2013	106,1	37,2	88	41	22,1	67,9	17,9	35,4
2014	106,6	37,1	88[5]	43	22,2	68,8	18,5	34,2
2015	108,3	38,0	88	45	22,4	70,7	19,6	33,5
2016	108,6	37,9	88	47	22,7	71,8	19,3	32,8
2017	109,0	37,8	89	48	22,8	72,2	19,7	32,0
2018	109,3	37,6	89	50	23,0	71,9	20,4	31,6
2019	109,5	37,3	89	52	23,1	72,4	21,5	29,8
2020	109,6	37,2	89	52	23,2	72,5	21,7	29,4

1) Данные пересчитаны с учетом итогов Всероссийских переписей населения 2002 и 2010 гг.; 2015-2016 гг. – с учетом Республики Крым и г. Севастополя

2) Включая оборудование жилого фонда централизованной и нецентрализованной канализацией – системами очистки стоков на месте (септиками)

3) Включая жителей г. Санкт-Петербурга, использующих централизованные системы очистки сточных вод со сжиганием ила, данные приведены в таблице 7.10

4) данные на 2010 г. по переписи населения на 14 октября 105,3 и 37,6 млн. чел. соответственно

5) Интерполяция, т.к. исходное значение сильно выбивается из ряда

Максимальная способность образования метана Bo

Для расчетов было принято значение Bo 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 МГЭИК, 2006).

Таблица 7.14

Значения MCF для разных систем очистки бытовых сточных вод

Системы очистки/сброса	**Примечания**	**Тип системы**	**MCF**
Централизованные аэробные водоочистные сооружения, оборудованные метантенками	Без учета рекуперации CH_4	Система 1	0,8*
Централизованные аэробные водоочистные сооружения	Среднее из хорошо и плохо управляемых систем очистки	Система 2	0,15
Обработка стоков на месте	Септические системы	Система 3	0,5
Обработка стоков на месте	Отхожие места	Система 4	0,4

** – коэффициент для метантенков используется для системы 1, так как считается (в наиболее консервативном случае), что все органические вещества в сточных водах переходят в обрабатываемый в метантенках ил, а не удаляются на аэробных сооружениях.*

Органическое загрязнение сточных вод

Образование органических загрязнений сточных вод в расчете на одного человека в день принято 60 г $БПК_5$/чел*сутки по отечественным данным (Минрегион, 2012b).

Все выбросы метана, выделяющиеся от разложения органических веществ в системе очистки бытовых сточных вод, считались происходящими от сточных вод и удаление ила считалось равным 0. Доля БПК, удаляемая с илистыми осадками, принималась равной 1 только для централизованных сооружений Санкт-Петербурга, где весь образуемый осадок сточных вод собирается и сжигается.

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; МГЭИК, 2006).

Количество рекуперированного метана (R)

Доля метантенков, оборудованных системами сжигания биогаза, в их общем количестве принималась равной 0,5; доля времени их работы без сжигания (со сбросом биогаза в атмосферу) в общем фонде рабочего времени принята 0,01 (Гюнтер, Гольдфарб, 1996). Выброс метана в атмосферу от метантенков данной конструкции оценивался путем перемножения этих коэффициентов и умножения получившегося результата на общее количество образовавшегося CH_4 для систем типа 1. Сжигание метана на факеле без утилизации электроэнергии и тепла при этом считалось отсутствующим. Выброс метана 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 типа 1 с учетом улавливания и утилизации определялся суммированием выбросов от метантенков обеих конструкций.

Выбросы CO_2, CH_4 и N_2O, учитываемые в секторе «Энергетика»

При сжигании биогаза, образуемого в метантенках, выделяются выбросы парниковых газов – 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 ОФД сжигаемый биогаз и выбросы от него включены вместе с другими видами такого топлива в раздел Energy: 1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach (отнесены к источнику 1.A.5a Other Stationary - Biomass).

При проведении расчетов выбросы метана были пересчитаны в выбросы биогаза согласно его среднему составу (Воронов, 2006). При оценке выбросов парниковых газов 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 от 187,2 до 242,7 Гг/год (в 2020 году), а выбросы CH_4, и N_2O были менее 0,02 Гг/год.

Также в секторе «Энергетика», учитывались выбросы, происходящие при сжигании избыточного активного ила и осадка сточных вод 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 7.11.

Масса удельного потребление протеина в пище на одного жителя

Данные о потреблении протеина на душу населения в России (табл. 7.15) получены расчетным путем на основе информации о численности населения и потреблении протеина из базы данных ФАО (ФАО, 2021). 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 (ЕМИСС, 2021).

Численность населения (P)

Исходные данные по общей численности населения России (табл. 7.15) получены из данных Росстата (ЕМИСС, 2021).

Таблица 7.15

Исходные данные по потреблению белков в Российской Федерации и рассчитанные величины выбросов N_2O

Год	Население (данные ФАО)	Потребление белков населением (данные ФАО)	Население (данные Росстата) [1)]	Потребление белков в дом. хозяйствах (данные Росстата)	Потребление белков в пище на одного жителя[2)]
	млн. чел.	г/чел*сут	млн. чел.	г/чел*сут	кг/чел*год
1990	Н.д.	Н.д.	147,7	73,98	36,61
1995	148,6	89,1	148,4	61,00	32,55
2000	146,8	85,3	146,9	61,80	31,10
2005	143,9	93,9	143,8	71,20	34,30
2010	143,6	100,9	142,8[3]	76,60	37,02
2011	143,4	101,3	142,9	76,70	37,10
2012	143,3	103,5	143,0	77,50	37,83
2013	143,4	102,8	143,3	78,10	37,54
2014	144,7	103,5	143,7	77,70	38,04
2015	145,0	103,2	146,3	77,10	37,33
2016	145,3	101,6	146,5	80,00	36,76
2017	145,5	101,9	146,8	79,80	36,86
2018	145,7	Н.д.	146,9	80,00	37,48
2019	Н.д.	Н.д.	146,8	80,40	37,67
2020	Н.д.	Н.д.	146,7	81,40	38,14

[1)] данные на 1 января соотвествующего года, пересчитаны с учетом итогов Всероссийских переписей населения 2002 и 2010 гг.; 2015-2016 гг - с учетом Республике Крым и г.Севастополя.

[2)] для 1990-1992 и 2018-2020 гг. – расчетные оценки с использованием данных Росстата о потреблении белка в домохозяйствах России

[3)] данные на 2010 г. по переписи населения на 14 октября составили 142,9 млн. чел.

Доля азота в протеине (F_{NPR}), коэффициент для дополнительного протеина ($F_{IND-COM}$), коэффициент выбросов N_2O, коэффициент для непотребленного протеина ($F_{N0N-C0N}$)

Использованные в расчете значения по умолчанию МГЭИК для F_{NPR}, $F_{N0N-C0N}$, $EF_{СТОК}$ и $F_{IND-COM}$ (МГЭИК, 2006) приведены в таблице 7.15.

Отстой (Nsludge)

При оценке выбросов N_2O от коммунально-бытовых сточных вод учитывалось сжигание осадка в Санкт-Петербурге, производимое с 1998 г. При расчете это рассматривалось как удаление азота с отстоем. Масса сжигаемого ила приведена в таблице 7.10, содержание азота в нем приведено в таблице 7.16 (Мирный, 2007 и Минздрав России, 1997).

Таблица 7.16

Использованные параметры и коэффициенты для оценки выбросов N_2O

Показатель	Значение	Размерность
F_{NPR}	0,16	кг N/кг протеина
$F_{N0N-C0N}$	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)	2,0	%

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 – 20%, для системы 3 – 30%, и для системы типа 4 – 50%. Неопределенность данных о работе систем сжигания биогаза метантенков для системы 1 оценивается в 71%. Данные об удалении ила вносят незначительный вклад в общую неопределенность. Неопределенность данных для B_0 и I взята по умолчанию (МГЭИК, 2006). Полученная в результате расчетов неопределенность данных при оценке выбросов метана от коммунально-бытовых стоков составляет 25%, а коэффициентов выбросов - 22%. Общая неопределенность оценки выбросов метана от очистки бытовых стоков составила 33%.

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 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 сточных вод, был произведен выборочный контроль корректности расчетов (от основных категорий источников) и проверена правильность заполнения таблиц ОФД. 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 ОФД. При необходимости, выполняется пересчет величин выброса парниковых газов 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 отчете при оценке выбросов метана от коммунально-бытовых стоков была незначительно скорректирована численность городских и сельских жителей РФ за 2019 год из-за исправления данных Росстатом. В результате изменений выбросы CH_4 от коммунально-бытовых стоков за 1990 год не изменились, а за 2019 год практически не изменились – увеличились на 1 Гг.

При оценке выбросов N_2O от коммунально-бытовых стоков кроме изменения численности населения РФ за 2018 г. были скорректированы значения Росстата по потреблению белков населением за 2019 год. В результате изменений выбросы за 1990 год не изменились, а за 2019 год увеличились на 0,4%.

7.5.6 Планируемые усовершенствования

Будет продолжен сбор данных для уточнения характеристик систем очистки сточных вод в России, 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 метана от различных систем обработки сточных вод. Результаты оценки выбросов представлены в таблице 7.11. Результаты расчета выбросов от отдельных источников их динамика по годам показаны на рисунке 7.4.

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.

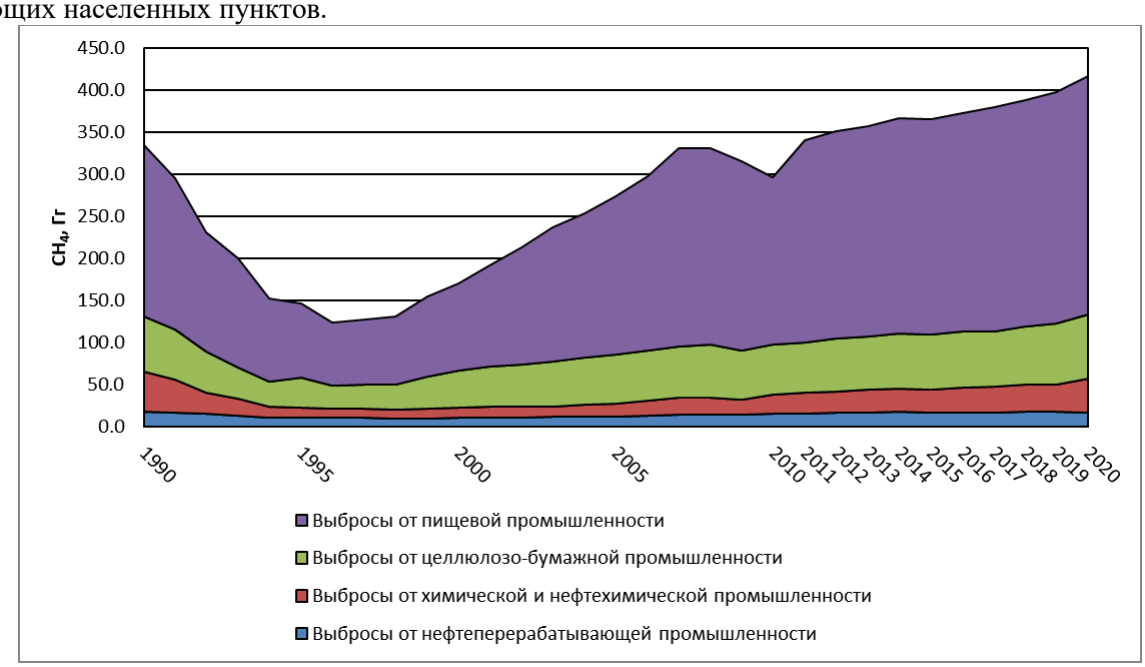

Рисунок 7.4 – Выбросы CH_4 от отдельных систем очистки промышленных сточных вод, Гг

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 осадка (отстоя) сточных вод.

Утилизация метана при очистке промышленных сточных вод в Российской Федерации не производится.

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 метана 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 Российской Федерации 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 (Bo)

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, основанное на данных по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006) равное 0,15, так как в отрасли преимущественно используются аэробные системы очистки (Бюро, 2015b)

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 7.17.

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 7.17.

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 7.17

Использованные параметры для расчета органического загрязнения промышленных сточных вод

Тип производства	Образование сточных вод ($м^3$ /тонн)	ХПК ($кг/м^3$)	Тип производства	Образование сточных вод ($м^3$ /тонн)	ХПК ($кг/м^3$)
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», 2012; Бюро, 2015b)*

Данные о деятельности производств

При проведении расчетов, были использованы данные об объемах промышленного производства отдельных товаров в Российской Федерации. 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 РФ, 1998; Росстат, 2004a; Росстат, 2012) и базы данных Росстата (ЕМИСС, 2021), и представлены в таблице 7.18.

Количество рекуперированного метана (R)

Принимаемое значение R равно нулю.

Таблица 7.18

Объем выпуска отдельных видов промышленной продукции

Продукция	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Производство крахмала															
Крахмал сухой[1)], тыс. т	179,0	34,2	44,7	97,6	147,0	160,7	174,4	174,2	199,5	213,5	228,6	242,8	280,9	294,7	324,0
Производство алкоголя															
Спирт этиловый из пищевого сырья[2)] тыс. дкл	79688	74400	62420	71837	42420	38440	48338	46173	40053	42378	46485	53438	48287	49852	54447
в пересчете на тыс.т	797	744	624	718	424	384	483	462	401	424	465	534	483	499	544
Пивоварение															
Пиво[3)], млн. дкл	336	213	516	910	984	994	974	888	823	780	783	756	777	769	793
в пересчете на тыс.т	3360	2130	5160	9100	9840	9940	9740	8880	8230	7800	7830	7559	7770	7692	7930
Молочная продукция															
Цельномолочная продукция (в пересчете на молоко), млн. т	20,8	5,6	6,2	9,7	10,9	10,7	11,3	11,5	11,5	11,7	11,9	11,5*	11,6*	11,3*	11,5*
Сыры жирные (включая брынзу)[4)], тыс. т	458	218	221	378	437	432	451	435	499	589	605	652	673	721	767
Масло животное[5)], тыс. т	833	421	267	254	212	219	216	227	253	258	253	270	267	270	279
Итого, в пересчете на тыс. т	22091	6239	6688	10332	11549	11351	11967	12162	12252	12547	12758	12447	12540	12291	12567
Рыбопереработка															
Товарная пищевая рыбная продукция, включая консервы рыбные[6)], млн. т	4,3	2,4	3,0	3,4	3,6	3,6	3,7	3,8	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3	4,2	4,3
в пересчете на тыс. т	4300	2400	3000	3400	3600	3628	3700	3788	3725	3829	4000	4166	4300	4240	4257
Переработка мяса и птицы															
Мясо, включая субпродукты 1 категории[7)], тыс. т	6484	2370	1194	1857	3957	4250	4747	5321	5971	6631	7063	7791	8142	8261	8646
Колбасные изделия[8)], тыс. т	2283	1293	1052	2014	2439	2486	2533	2502	2475	2445	2436	2259	2282	2282	2355
Мясные полуфабрикаты[9)], тыс. т	1075	268	244	987	1624	1934	2254	2504	2736	2912	3076	3060	3275	3658	4175

Консервы мясные и мясо-растительные[10)], млн. условных банок	545	348	508	674	671	652	690	693	746	649	601	647	603	669	736
Итого, в пересчете на тыс, т	10082	4084	2714	5155	8315	8957	9838	10632	11510	12274	12839	13394	13964	14495	15500
Краски															
Лакокрасочные материалы[11)], тыс. т	2338	579	575	721	1076	1136	1188	1250	1281	1215	1328	1402	1475	1530	1904
Нефтепереработка															
Первичная переработка нефти, млн.т/год	298	182	173	208	250	258	272	281	295	287	285	284	292	290	275
Итого, в пересчете на тыс.т	297815	182278	172963	207746	249859	258204	271552	280625	295089	287483	285347	284465	292019	289863	275080
Пластмассы и смолы															
Синтетические смолы и пластические массы[12)], тыс. т	3258	1804	2576	3418	4963	5436	5442	6240	6643	7267	7715	7805	8250	8702	10197
Целлюлоза и бумага															
Целлюлоза товарная, тыс. т	2429	1801	2037	2429	2056	2263	2493	2611	2611	2611	2429	2013	2221	2700**	2800**
Бумага, тыс, т****	5240	2773	3326	4001	4688	4784	4781	4765	5051	5073	5274	8733	9148	9235	9718
Картон, включая бумагу для гофрирования[13)], тыс. т	3085	1301	1985	3125	2971	2847	3032	3022	3099	3121	3366	0	0	0	0
Итого, тыс. т	10754	6087	7532	9426	9715	9894	10306	10398	10761	10805	11069	10746	11369	11935	12518
Очистка сахара															
Сахар-песок[14)], тыс. т	3758	3155	6077	5600	2782	4753	4877	4468	4607	5135	5794	6665	6273	7264	5796
Сахар-рафинад[15)], тыс. т	1077	126	71	43	1969	2371	445	491	642	608	251	0	0	1	0
Итого, тыс. т	4835	3281	6148	5643	4751	7124	5322	4959	5249	5743	6045	6665	6273	7265	5796
Растительные масла															
Масла растительные[16)], тыс. т	1159	802	1375	2200	3091	3073	4192	3940	4981	4660	5199	5735	5950	6778	7462
Овощи, фрукты и соки															

Картофель переработанный и консервированный (продукты из картофеля), тыс, т	0,2	3,7	7,9	22,5	119,0	133,0	163,0	187,0	147,0	159,0	164,0	180,7	245,0	309,5	348.7
Овощи свежемороженые[17)], тыс. т	3,30	0,60	1,10	11,61	24,50	38,42	40,20	45,30	45,80	55,40	71,70	62,62	55,90	83,74	108.0
Консервы плодоовощные (включая напитки, нектары и соки), млн.условных банок	4449	1014	1636	7123	6963	9996	10389	10507	10728	10081	9782	9873	9838	9656	10144
Итого, в пересчете на тыс. т	1783	410	663	2883	2929	4170	4359	4435	4484	4247	4149	4193	4236	4256	4514
Вина и уксус															
Вина виноградные[18)], млн. дкл	75,7	15,2	24,1	31,7	79,1	73,6	64,7	67,8	73,5	85,1	88,7	82,3	82,9	87,3	70,3
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	736	647	678	735	851	887	823	829	873	703
Мыла и моющие средства															
Синтетические моющие средства[21)], тыс. т	876	334	436	714	1527	1560	1483	1534	1543	1566	1646	1748	1849	1900	2056

1) С 2010г – крахмалы, кроме модифицированных
2)С 2010г – спирт этиловый ректифицированный из пищевого сырья, с 2017г – спирт этиловый ректификованный (по данным Росалкогольрегулирования)
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
5) С 2010г – масло сливочное и пасты масляные
6) С 2010г – рыба и продукты рыбные переработанные и консервированные, с 2017- рыба переработанная и консервированная, ракообразные и моллюски
7) С 2010г – мясо и субпродукты пищевые убойных животных и домашней птицы
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 2017 - 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 2017 - сахар белый свекловичный или тростниковый и химически чистая сахароза в твердом состоянии без вкусоароматических или красящих добавок
[15] С 2010г – сахар белый тростниковый в твердом состоянии, с 2017 - сахар белый свекловичный или тростниковый со вкусоароматическими добавками; кленовый сахар и кленовый сироп
[16] С 2010г – масла растительные нерафинированные, включая кукурузное, с 2017г – масла растительные и их фракции нерафинированные и масло кукурузное
[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 Росалкогольрегулирования
[19] С 2010г – вина плодовые специальные и столовые, кроме сидра
[20] С 2010г – вина игристые и газированные (из вин – всего), с 2013г – вина игристые и шампанские, с 2017г – данные Росалкогольрегулирования
[21] С 2010г – средства моющие
** - 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 разных систем очистки стоков неопределенность MCF оценена как 100%.

Полученная в результате расчетов неопределенность данных для оценки выбросов метана от промышленных стоков составила 76%, а коэффициентов выбросов - 104%. Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов метана от промышленных стоков составила 129%, что отвечает недостаточности данных в разных отраслях промышленности о применяемых системах очистки стоков и процессах образования метана 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 ОФД. 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 ОФД. При необходимости, выполняется пересчет величин выброса парниковых газов 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 незначительный перерасчет выбросов от промышленных сточных вод для периода 1991-2008 гг в связи с внесением дополнительных данных о производстве целлюлозы товарной, а также незначительные пересчеты для 2018-2019 гг из-за пересчета Росстатом данных о промышленном производстве в различных секторах. В результате всех этих изменений выбросы в 1990 г. не изменились, а выбросы в 2019 г. уменьшились на 0,2%.

7.6.6 Планируемые усовершенствования

В дальнейшем планируется продолжать сбор данных о применяемых в России технологиях очистки сточных вод в разных отраслях промышленности и соотвествующих данных о деятельности предприятий. Также будет продолжена работа по анализу и оценке применимости различных коэффициентов МГЭИК в расчетах выбросов от промышленных сточных вод.

8. Прочие (Сектор 6 ОФД)

Выбросы, относящиеся к сектору 6 ОФД, в Российской Федерации не выявлены.

9. ПЕРЕСЧЕТЫ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

9.1 Объяснение и обоснование пересчетов

В соответствии с требованиями 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) и методических документов, разработанных МГЭИК (МГЭИК, 2006; IPCC, 2014) в настоящем кадастре были произведены усовершенствования и пересчеты. При этом осуществлялись соответствующие процедуры управления качеством и контроля качества.

При выполнении пересчетов учитывались рекомендации Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению национальных кадастров, представленные в отчетах о рассмотрении предшествующщих 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 парниковых газов, другие пересчеты были вызваны причинами методического характера.

Были также исправлены обнаруженные в процессе внутреннего и внешнего рецензирования кадастра, ошибки в расчетах выбросов и абсорбции парниковых газов, в заполнении таблиц ОФД и в тексте НДК.

В зависимости от конкретной категории источников или поглотителей парниковых газов, пересчеты выполнялись для полного временного ряда, либо для отдельных его лет. Детализированная по категориям источников и поглотителей информация о пересчетах приведена в разделах 3-7 настоящего доклада и в таблицах ОФД.

9.2 Влияние на уровни выбросов

Данные о влиянии произведенных пересчетов на уровни выбросов и абсорбции парниковых газов приведены в таблице 9.1. Влияние пересчетов оценивалось путем сравнения данных текущей версии кадастра (таблиц ОФД) с последней версией кадастра, представленного Российской Федерацией в РКИК ООН в предыдущем году.

Как следует из приведенных в таблице 9.1 результатов, для 2019 года (предпоследний год временного ряда текущего кадастра) влияние пересчетов на уровень выбросов в базовом году (1990 г.) было нулевым для сельского хозяйства, незначительным для энергетики и ППИП, и значительным для секторов ЗИЗЛХ и «Отходы». В 2019 г. влияние пересчетов оценивается как умеренное для секторов ППИП и «Сельское хозяйство» и значительное для остальных секторов.

Ввиду разнонаправленного эффекта пересчетов (пересчеты в одних секторах привели к увеличению, а в других к уменьшению выбросов), совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ и в базовом и в 2019 г.. изменился незначительно, но изменение совокупного выброса с учетом ЗИЗЛХ в 2019 г. следует оценить как умеренное.

9.3 Влияние на тренды и согласованность временных рядов

Данные о влиянии произведенных пересчетов на тренды (тенденции) выбросов и абсорбции парниковых газов приведены в таблице 9.2. Влияние пересчетов оценивалось путем сравнения данных таблиц ОФД текущей версии кадастра с данными таблиц ОФД кадастра, представленного Российской Федерацией в РКИК ООН в предыдущем году. Влияние пересчетов на общую величину тренда оценивается как незначительное для тренда, рассчитанного без учета сектора ЗИЗЛХ, и как умеренное для тренда, рассчитанного с учетом этого сектора.

Влияния произведенных пересчетов на согласованность временных рядов обнаружено не было.

Таблица 9.1

Влияние выполненных пересчетов на уровни выбросов парниковых газов (%)

Парниковый газ	**Год**	
	1990	**2019**
	Влияние на выброс	**Влияние на выброс**
Энергетика	0,33	-4,20
ППИП	-0,66	1,82
Сельское хозяйство	-0,00	2,16
ЗИЗЛХ	1,84	-6,44
Отходы	-10,86	-4,77
Совокупный выброс всех парниковых газов без учетав ЗИЗЛХ	0,12	0,16
Совокупный выброс всех парниковых газов с учетом ЗИЗЛХ	0,08	-1,31

Таблица 9.2

Влияние выполненных пересчетов на тренд выбросов парниковых газов (%)

	Период
	1990 – 2019
Без учета ЗИЗЛХ	0,04
С учетом ЗИЗЛХ	1,55

9.4 Планируемые усовершенствования

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.

10. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ СОГЛАСНО ПУНКТУ 1 СТАТЬИ 7 КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА

10.1 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 газов[22] и российский реестр углеродных единиц[23]. 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 Российской Федерации[24] в систему были внесены изменения. В частности, данным распоряжением Минприроды России, Минпромторгу России, Минэнерго России, Минтрансу 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 данныхо процессах и видах деятельности, в результате которых происходят антропогенные выбросы из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, а такжеинформации о методах их сбора и обработки;
- осуществлать 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 парниковых газов, одобренными конференциями Сторон Конвенции и совещаниями Сторон Киотского протокола;
- осуществление оценок объемов антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов 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 парниковых газов 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 Российской Федерацией кадастров, докладов и сообщений, обеспечивая работу таких групп в Российской Федерации, привлечение к работе специалистов других федеральных органов исполнительной власти и организаций по согласованию;

---

[22] *Распоряжение Правительства Российской Федерации от 1 марта 2006 г. № 278-р.*
[23] *Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 февраля 2006 г. № 215-р.*
[24] *Распоряжение Правительства Российской Федерации от 15 мая 2017 года N 930-р*

– обеспечение по результатам рассмотрения группой экспертов кадастров, докладов и сообщений устранение имеющихся замечаний и доработку указанных документов совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти;
– 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 Российской Федерации.

В 2020 г. изменения в российскую систему оценки не вносились.

10.2 Информация о деятельности российского реестра углеродных единиц

В связи с тем, что во втором периоде действия Киотского протокола Российская Федерация не имела обязательств по сокращению или ограничению выбросов парниковых газов и не использовала механизмы гибкости Киотского протокола, российский реестр углеродных единиц, на основании запроса Российской Федерации, был отключен от Международного регистрационного журнала операций 30 декабря 2015 г.

Изменения в реестре не производились, количество единиц осталось прежним. Информация о содержащихся в реестре единицах приведена в приложении 5 к настоящему докладу в табличном формате.

10.3 Дополнительная информация о деятельности в области землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства согласно статьям 3.3 и 3.4

Учитывая, что Российская Федерация 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/CMP.7) не предоставляется.

Согласно статье 3.3 Киотского протокола, прозрачная и поддающаяся проверке информация по облесению и лесовосстановлению (KP.A.1 – Afforestation and reforestation) представлена в разделе 6.4.1.2 «Земли, переустроенные в лесные земли» (подкатегория 4.A.2.1 ОФД), по обезлесению (KP.A.2 – Deforestation) – в разделе 6.4.5.2.1 «Лесные земли, переустроенные в поселения» (подкатегория 4.E.2.1 ОФД).

Согласно статье 3.4 Киотского протокола, прозрачная и поддающаяся проверке информация по управлению лесным хозяйством» (KP.B.1 – Forest management) представлена в разделе 6.4.1.1 «Лесные земли, остающиеся лесными землями» (подкатегория 4.A.1 ОФД)».

10.4 Сведение к минимуму неблагоприятных последствий в соответствии с пунктом 14 статьи 3 Киотского протокола

При выполнении своих национальных обязательств по ограничению антропогенных выбросов и повышению абсорбции парниковых газов Российская Федерация учитывает положения пункта 14 статьи 3 Киотского протокола о сведении к минимуму неблагоприятных социальных, экологических и экономических последствий для Сторон, являющихся развивающимися странами. Основными направлениями деятельности по сведению к минимуму неблагоприятных социальных, экологических и экономических последствий для развивающихся стран являются:
– смягчение антропогенного воздействия на климатическую систему благодаря разработке и осуществлению целенаправленных национальных политики и мер;

- экспорт в развивающиеся страны энергетических ресурсов меньшей углеродоемкости и реализация мер по сокращению выбросов парниковых газов, связанных с производством или добычей, подготовкой и транспортировкой экспортируемых энергоресурсов;
- содействие развитию альтернативной и низкоуглеродной энергетики в развивающихся странах посредством передачи технологий, возведения и компоновки объектов энергетики с использованием российского оборудования и материалов, обучения персонала навыкам работы на возведенных объектах, а также сокращение выбросов парниковых газов, связанных с производством и транспортировкой в пределах Российской Федерации экспортируемых материалов и оборудования;
- укрепление потенциала в развивающихся странах благодаря подготовке и переподготовке специалистов в области охраны окружающей среды, метеорологии и климатологии, а также в области техники и технологий;
- оказание международной помощи в ликвидации последствий стихийных бедствий, в том числе природно-климатического характера.

Российская Федерация практически полностью обеспечивает себя энергоресурсами за счет внутренней добычи. Значительная часть добытых энергоресурсов и произведенной электроэнергии экспортируется, в том числе в развивающиеся страны.[25] Значительная часть электроэнергии в России вырабатывается атомными и гидроэлектростанциями, практически не дающими выбросов парниковых газов, что обеспечивает достаточно низкий уровень углероемкости российской электроэнергетики. Так, в 2020 году доля гидроэлектростанций, атомных станций и возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии увеличилась на 3,3% по сравнению с 2019 г., достигнув 39,8%. (Росстат, 2021).

Экспортные поставки российской электроэнергии в развивающиеся страны обеспечивают замещение в их топливном балансе углеродоемких видов топлива, снижая, таким образом, выбросы в атмосферу парниковых газов, в первую очередь, CO_2.

Российским оператором экспорта электроэнергии является Группа «Интер РАО»;[26] в 2019 г. объем экспорта составил 19,3 млрд. кВт*ч. Экспорт электроэнергии в развивающиеся страны производится из Единой энергетической системы России (ЕЭС России) по линиям электропередач. В 2019 году параллельно с ЕЭС России работали энергосистемы Грузии, Азербайджана, Казахстана и Монголии, а также энергосистемы стран Центральной Азии – Узбекистана, Киргизии (через энергосистему Казахстана) и энергосистема Молдавии (через энергосистему Украины). По линиям электропередачи переменного тока осуществлялась передача электроэнергии в энергосистему Южной Осетии и энергосистему Абхазии. Энергосистема Китая (экспорт в 2019 г. – 3,1 млн. кВт*ч) работала совместно с ЕЭС России через преобразовательные устройства постоянного тока; по линиям электропередачи переменного тока осуществлялась передача электроэнергии в «островном» режиме (ПАО «Интер РАО», 2020).

При этом выбросы парниковых газов от операций по добыче, подготовке и транспортировке экспортируемых нефти и природного газа, а также сопутствующего им сжигания топлива учитываются в национальном кадастре и, соответственно, их сокращение является обязательством Российской Федерации. В частности, уровень полезного использования нефтяного (попутного) газа, как альтернативы его сжиганию на нефтепромыслах, в 2019 г. составил 80,9%. (Росстат, 2020)

Экспортные поставки российского природного газа способствуют внедрению в странах-импортерах современных технологий в энергетическом секторе и обеспечивают замещение в их топливном балансе более углеродоемких видов топлива (каменный уголь и нефть), снижая, таким образом, выбросы в атмосферу парниковых газов, в первую очередь, CO_2. В 2019 году экспорт газа из России достиг 260,4 млрд. $м^3$ (включая СПГ), что является максимальным показателем за постсоветский период (Аналитический центр, 2020). Основной поставщик при-

---

[25] *Основные данные по экспорту энергоресурсов приведены в приложении 4 к настоящему докладу.*
[26] *https://www.interrao.ru/*

родного газа через систему трубопроводного транспорта - Группа «Газпром». Среди его покупателей такие страны, как Словения, Хорватия, Босния и Герцеговина, Сербия и Македония, Азербайджан, Армения, Киргизия, Южная Осетия. В 2019 г. начаты поставки природного газа по магистральному газопроводу «Сила Сибири» в Китай. В течение года поставлено 0,3 млрд. м^3 газа (ПАО «Газпром», 2020) Экспорт в Китай будет производиться согласно заключенному в 2014 г. контракту о поставке 38 млрд. м^3 газа с 2019 г. в течение 30 лет, с возможностью увеличения поставок до 60 млрд. м^3.

В 2019 году, по данным ФТС России, экспорт СПГ из России составил 29,1 млн. т, в том числе в такие развивающиеся страны, как Тайвань, Республика Корея, Китай, Индия, Таиланд, Пакистан, Аргентина, Бразилия, Панама, Кувейт, Иордания, Египет. По сравнению с предыдущим годом экспорт СПГ увеличился на 76%. В 2020 г. начато проектирование газопровода «Сила Сибири - 2», маршрут которого в Китай пролегает через Монголию.

На июль 2021 года запланировано начало строительства газопровода «Пакистанский поток», который соединит терминалы СПГ на берегу Индийского океана с севером Пакистана. Газопровод протяженностью 1,1 тыс. километров с юга на север Пакистана: от порта Карачи на юге до Лахора на севере, будет иметь мощность 12,4 млрд. м^3 в год. На основании заключеного в 2015 г. межправительственного соглашения между Российской Федерацией и Пакистаном работы будет осуществлять российский консорциум. Стоимость проекта составляет 2,5 млрд. долл. США.

Одним из направлений сотрудничества Российской Федерации с развивающимися странами в области снижения углеродоемкости энергетики и предотвращения изменения климата является атомная энергетика. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» (ГК «Росатом») реализует проекты в области атомной энергетики на основе новейших российских технологий. Возведение энергоблоков в рамках проектов производится с использованием российских материалов и оборудования, выбросы парниковых газов от производства и частичной транспортировки которых происходят на территории Российской Федерации и учтены в настоящем кадастре. Одновременно со строительством осуществляется обучение местного персонала методам и технологиям работы на построенных объектах и переданном оборудовании. Сотрудничество в сфере атомной энергетики осуществляется с 12 странами мира, в том числе с развивающимися (Бангладеш, Египет, Индия, Китай). В 2019 году были подписаны генеральные контракты на сооружение энергоблоков №№ 7,8 АЭС «Тяньвань» и энергоблоков №№ 3,4 АЭС «Сюйдапу» в Китае.

Госкорпорацией «Росатом» продолжена работа по заключению контрактов на расширение и сооружение новых АЭС за рубежом, в том числе в Китае и Индии. В 2019 году велась совместная деятельность со странами, которые планируют реализацию проектов сооружения АЭС или других атомных объектов: Аргентиной, Бразилией, Замбией, Казахстаном, Саудовской Аравией. Ведется сооружение многоцелевых центров ядерных исследований и технологий в Боливии и Замбии, а также планируется строительств такого центра в Монголии (ГК «Росатом», 2020).

Выполняются проекты по продлению сроков эксплуатации атомных энергоболоков в зарубежных странах. Степень сопровождения этих проектов разная - от обучения персонала, до поддержки и помощи в эксплуатации энергоблоков.

В 2019 году подписаны соглашения о реализации проектов по сооружению многофункциональных центров облучения в Узбекистане и на Кубе. В центрах планируется проводить радиационную обработку сельскохозяйственной продукции, что позволит увеличить сроки ее хранения и снизить затраты на электроэнергию на рефрижераторных установках.

Для создания и развития национальной системы ядерного образования стран-партнеров «Росатом» реализует с 2017 по 2021 гг. проект «Международное сотрудничество в сфере ядерного образования» с использованием российских образовательных технологий. Так же, с целью повышения информированности широких слоев общественности, Росатом открывает на территории зарубежных стран-партнеров информационные центры.

В системе высшего и дополнительного профессионального образования Российской Федерации по учебным программам экологического, природоохранного, климатического и гидрометеорологического профиля, а также энерго- и ресурсосбережения обучались студенты из

развивающихся стран (в том числе из наименее развитых стран) и стран СНГ. По специальностям, связанным с гидрометеорологией и климатологией, в 2019 – 2020 учебном году проходили обучение 218 студентов из 57 стран, в том числе 216 студентов из 55 развивающихся и наименее развитых стран и стран СНГ.[27]

В системе высшего профессионального образования разработаны учебные программы, по которым осуществляется преподавание основ метеорологии, климатологии, систем сбора и обработки климатической информации, методов оценки состояния и прогнозирования изменений окружающей среды и климата. Координацию образовательной деятельности осуществляет Учебно-методическое объединение в области гидрометеорологического образования, созданное Минобрнауки России на базе Российского государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ).[28] Являясь региональным метеорологическим учебным центром Всемирной метеорологической организации (ВМО), РГГМУ готовит специалистов для национальных метеорологических и гидрологических служб зарубежных стран, выполняя соглашение между Правительством РФ и ВМО об обучении граждан государств-членов ВМО. РГГМУ осуществляет программы совместной научной и образовательной деятельности по природоохранной и климатической проблематике с университетами Узбекистана, Украины, Белоруссии, Мексики, Перу, Танзании, Колумбии и Китая.

ОК РУСАЛ, один из лидеров мировой алюминиевой отрасли, реализует международную образовательную программу по подготовке национальных кадров Гвинеи, Гайаны и Ямайки. В рамках программы молодые люди в возрасте от 18 до 35 лет проходят обучение в ведущих российских вузах. Компания берет на себя все расходы, связанные с обучением и пребыванием студентов, организует практику на своих предприятиях в России и трудоустройство на предприятиях ОК РУСАЛ в их родных странах после окончания обучения. С 2011 г. ОК РУСАЛ реализует программу «100 студентов» с целью обучения гвинейской молодежи в российских высших учебных заведениях и подготовки молодых специалистов для работы на предприятиях РУСАЛа в Гвинее. Финансирование обучения и проживания студентов производится полностью за счет средств ОК РУСАЛа (стоимость программы свыше 6 млн. долл. США). Обучение проводится по различным специальностям, в число которых входит экология. Программа продолжалась и в 2019 г.: 123 студента из Гвинеи и Ямайки проходили обучение в вузах России (ОК «РУСАЛ», 2020).

В 2019 г. Российская Федерация активно участвовала в оказании международной помощи по ликвидации последствий стихийных бедствий, в том числе природно-климатического характера. Гуманитарные операции в развивающихся странах, включая страны, наиболее уязвимые к воздействию изменений климата, проводятся Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России).

В 2019 г. на двусторонней основе была оказана помощь Боливии и Абхазии в тушении пожаров. В 7 стран, включая подвергшиеся природным стихийным бедствиям Мозамбик, Зимбабве, Малави, Намибию, Коморские острова, Иран, были доставлены грузы гуманитарной помощи. За счет взносов Российской Федерации в фонд Всемирной продовольственной программы ООН продовольственную помощь получили 13 стран – Таджикистан, Киргизия, КНДР, Палестина, Афганистан, Мьянма, Уганда, Гвинея, Никарагуа, Мозамбик, Зимбабве, Малави, Мадагаскар. В рамках выполнения распоряжений Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации реализован второй этап проекта Всемирной продовольственной программы ООН по переоснащению парка грузовых автомобилей, используемых для транспортировки гуманитарной помощи, автомобилями российского производства. Всего в Уганду, Гану и Объединенные Арабские Эмираты поставлено 127 единиц техники и запасные части к автотехнике.

Кроме того, за отчетный период МЧС России участвовало в совместных операциях с Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) по оказанию чрезвычайной медицинской помощи нуждающимся странам в рамках финансируемого РФ проекта «Укрепление потенциала

---

[27] *По данным Россотрудничества (плановые показатели).*
[28] http://umo.rshu.ru/content/group

ВОЗ в области чрезвычайной медицинской готовности и реагирования». В 2018-2019 годах совместно с ВОЗ была оказана помощь товарами медицинского назначения в рамках подготовки к сезону ураганов для стран Карибского бассейна (Куба, Венесуэла, Гватемала, Никарагуа, Эквадор, Боливия) и обеспечения готовности к бедствиям (в том числе климатического характера) для стран Тихоокеанского региона (Тонга, Антигуа и Барбуда, Палау, Маршалловы острова), а также оказана помощь Гватемале, Зимбабве, Кубе и Мозамбику.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ

Литература и источники данных к разделу 1

Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. – Обнинск, ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», ВНИИГМИ-МЦД, – 194 с. 2012.

ИГКЭ. Регламент хранения и архивирования в ГУ ИГКЭ Росгидромета и РАН данных, относящихся к национальному кадастру антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов Российской Федерации. – М.: ИГКЭ, 2007.

Кароль И.Л., Киселев А.А. Парадоксы климата. Ледниковый период или обжигающий зной? – М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, – 288 с., 2013.

МГЭИК. Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа. Вклад рабочей группы I в пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. МГЭИК, – 222 с., 2013.

МЭГИК. Изменение климата, 2014 г. Обобщающий доклад. Резюме для политиков. МГЭИК, – 33 с., 2014.

Правительство Российской Федерации. 2019 г. Постановление от 21 сентября 2019 г. № 1228. О принятии Парижского соглашения.

МГЭИК. Руководящие принципы МГЭИК 2006 года для национальных кадастров парниковых газов. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК-ИГЭС-ОЭСР-МЭА, ИГЕС, Япония, 2006.

РКИК ООН. Пересмотр руководящих принципов РКИК ООН для представления информации о годовых кадастрах Сторон, включенных в приложение I к Конвенции. Документ FCCC/CP/2013/10/Add.3. с. 2-25, 2014.

Росгидромет. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – М., – 60 с., 2014.

Росгидромет. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – М., – 104 с., 2021.

Российская Федерация. 1994. Федеральный закон от 4 ноября 1994 г. № 34-ФЗ. Собрание законодательства Российской Федерации от 1994 г., № 28, ст. 2927.

Российская Федерация. 2004. Федеральный закон от 4 ноября 2004 г. № 128-ФЗ. Собрание законодательства Российской Федерации от 2004 г., № 45, ст. 4378.

IPCC. 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland, 2014a.

IPCC. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi T., Krug T., Tanabe K., Srivastava N., Baasansuren J., Fukuda M. and Troxler T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland, 2014b.

WMO. Understanding climate, 2015 (https://www.wmo.int/pages/themes/climate/understanding_climate.php)

Литература и источники данных к разделу 3

Акопова Г.С., Круглова Н.Ю., Юлкин Г.М. Результаты инвентаризации выбросов метана на примере пилотного проекта ООО «Газпром добыча Ямбург» // «Территория Нефтегаз» № 9, 2012, с. 76-81

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

Внутренний рынок газа. Экспертно-аналитический доклад// Фонд национальной энергетической безопасности, – М., май 2015 г., – 17 с.

Векилов Э.Х., Демидюк Л.М., Дмитриев А.М., Перемятова Н.А., Фридман А.И. Предварительная оценка эмиссии парниковых газов (CO_2, CH_4), выделяющихся из объектов горной, нефтегазодобывающей промышленности и сравнительный анализ антропогенной и естественной эмиссии на территории Российской Федерации. Объяснительная записка. – М.: Инженерный центр по оценке геологического и техногенного риска. 1992, – 102 с.

Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР: В 3-х т. / Гл. ред.: А.И. Кравцов, – М.: Недра, 1979.

ГОСТ 30319.1-96 «Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки».

ГОСТ Р 54097-2010. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации

Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2015 год
(http://www.gazprom.ru/f/posts/26/228235/gazprom-annual-report-2015-ru.pdf)

Грабар В.А., Дмитриева Т.М., Гитарский М.Л. К оценке атмосферной эмиссии диоксида углерода от международных авиаперевозок. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – М.: ИГКЭ, 2009, т. XXII, с. 207-215.

Грабар В.А., Гитарский М.Л., Дмитриева Т.М., Глуховская Е.П., Хорькова Н.И., Киричков С.В. Оценка эмиссии парниковых газов от гражданской авиации в России. Метеорология и гидрология, 2011, №1, с. 30-38.

Грабар В.А., Гитарский М.Л., Говор И.Л., Чернов В.В. Эмиссия парниковых газов при международном сообщении водным транспортом. Экология и промышленность России, 2015, № 11, с. 28-31

Демиденко К.А. Нефти и газовые конденсаты России: Справочник. – Т.1.Нефти Европейской части и газовые конденсаты России. (Под ред. К.А. Демиденко). – М.: ООО «ТУМА ГРУПП». Издательство «Техника», 2000. – 192 с.

Демиденко К.А. Нефти и газовые конденсаты России: Справочник. – Т.2. Нефти Сибири. (Под ред. К.А. Демиденко). – М.: ООО «ТУМА ГРУПП». Издательство «Техника», 2002. – 160 с.

Зяблицкая Н.В. Общая характеристика развития ХМАО – Югры // Теория и практика общественного развитя. – 2012. № 10. – С. 299 – 302.

Комков В.И. Расчет выбросов парниковых газов и их предшественников от автодорожного транспорта Российской Федерации в 1990, 2000, 2005, 2010 и 2013 гг. и представление результатов расчета в национальный кадастр парниковых газов Российской Федерации. Отчет. – М.: 2015.

Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Снижение экологических нагрузок на окружающую среду при работе автомобильного транспорта // Итоги науки и техн. ВИНИТИ. – 1996. – Т19. – 340 с. (Автомобильный транспорт).

Малышев Ю. Н., Айруни А. Т. Комплексная дегазация угольных шахт. – М.: Изд-во Акад. горн. наук, – 327с., 1999.

МГЭИК. Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов 1996г. //Т. 1-3. МГЭИК-ОЭСР-МЭА. Париж. 1997.

МГЭИК. Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов. /МГЭИК-ОЭСР-МЭА. // Хайяма. 2000.

МГЭИК. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г./Подготовлены Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. С. Игглестона, Л.Буэндиа, К.Мива, Т.Нгара и К.Танабе. // Т.1-5. – ИГЕС// Хайяма. 2006.

Методологические положения по расчету топливно-энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой. Утверждены постановление Госкомстата РФ № 46 от 23.06.1999.

Методические рекомендации «Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте». – М.: ОАО «НИИАТ» – Компания «Автополис-плюс», 2008.

Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации. Утверждены распоряжением МПР № 15-р от 16.04.2015.

Назаров И.М., Фридман А.И., Фридман Ш.Д., Воробьев В.А., Перемятова Н.А., Абрамов Н.Р., Бекилов Э.Х., Демидюк Л.М., Дмитриев А.М. Антропогенная эмиссия метана в странах СНГ и Прибалтики. Метеорология и гидрология, 1992, 11, с.15-20.

НДК. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2007 гг. – М.: 2009, – 353 с.

НДК. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2009 гг. в 2 томах. – М.: 2011.

НДК. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2012 гг. в 2 томах. – М.: 2014.

Отчет в области устойчивого развития 2017. – М.: ПАО «Роснефть», 2017, -155 с. (https://www.rosneft.ru/Development/reports/)

Патент на изобретение № 2515242, дата регистрации 13.03.2014 г. Способ утилизации газов выветривания. Авторы: Ишков А.Г., Акопова Г.С., Круглова Н.Ю., Юлкин Г.М., Арабский А.К., Арно О.Б.

Попов Н.В., Говор И.Л., Гитарский М.Л., Эмиссия парниковых газов от сжигания попутного нефтяного газа в России // Метеорология и гидрология. 2021. – №5 – С. 54-61.

Постановление Правительства России от 8 января 2009г. № 7 «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках».

Постановление Правительства РФ «О совершенствовании государственного регулирования цен на газ» от 31 декабря 2010 года № 1205.

Постановление Правительства России от 8 ноября 2012г. №1148 «Об особенностях исчисления платы за выбросы загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа».

Программа инновационного развития ОАО «Газпром» до 2020 г., утверждена решением Совета директоров ОАО «Газпром» от 01 июня 2011 г. № 1825 (http://www.gazprom.ru/f/posts/97/653302/programma-razvitia.pdf)

Промышленность России. Стат. сб. – М.: Госкомстат России, 2002. – 453 с.

Промышленность России. Стат. сб. – М.: Росстат, 2008. – 453 с.

Промышленность России. Стат. сб. – М.: Росстат, 2012. – 445 с.

Промышленность России. 2014: Стат.сб./Росстат. – М., П81, 2014. – 326 с.

Российский статистический ежегодник. Стат. сб. Госкомстат России. –М.: Логос, 1996, – 1202 с.

Российский статистический ежегодник. Стат. сб. – М.: Росстат, 2009. – 795 с.

Российский статистический ежегодник. Стат.сб./Росстат. – М., 2016. – 725 с.

Российский статистический ежегодник. Стат.сб./Росстат. – М., 2017. – 686 с.

Российский статистический ежегодник. Стат.сб./Росстат. – М., 2018 – 694 с.

Российский статистический ежегодник. Стат.сб./Росстат. – М., 2019 – 708 с.

Российский статистический ежегодник. Стат. сб./Росстат. – М., 2020 – 700 с.

Российский статистический ежегодник. Стат. сб./Росстат. – М., 2021 – 692 с.

Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух. – М.: ОАО «НИИАТ», 2008.

РД 37.009.015-98. Методическое руководство по определению стоимости автомототранспортных средств с учетом естественного износа и технического состояния на момент предъявления.

Реестр наилучших доступных технологий, обеспечивающих экологически безопасное освоение, подготовку, транспортировку, хранение и переработку углеводородного сырья ОАО «Газпром», утвержденный Членом Правления ОАО «Газпром», начальником Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа 17.11.2014 г.

Седьмое национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола. – М.: МПР – Росгидромет, 2017. – 348 с. (https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/national-communications-and-biennial-reports-annex-i-parties/seventh-national-communications-annex-i)

СТО Газпром 2-1.19-128-2007 Технические нормы выбросов и утечек природного газа от технологического оборудования.

СТО Газпром 031-2007 Методика проведения измерений объемов эмиссии метана в атмосферу на объектах ОАО «Газпром».

Тайлаков, О.В. Эмиссия метана при добыче угля в России. / О.В. Тайлаков, А.Н. Кормин, М.Л. Гитарский, В.О. Тайлаков // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Том XXII. – Москва: ИГКЭ. – 2009. – С. 216-227.

Трофименко Ю.В., Ефремов А.В., Фурсов С.Б. Упрощенная методика прогнозирования численности парка автотранспортных средств // Совершенствование автомобильных и тракторных двигателей: сборник научных трудов / – М.: МАДИ. – 1992. – 152 с. С. 27 – 32.

Трофименко Ю.В. Сбор, анализ и обобщение данных о деятельности автодорожного транспорта за 1990, 2000, 2005, 2010 и 2013 гг. в формате, необходимом для расчета выбросов парниковых газов, представление обобщенных данных в национальный кадастр парниковых газов Российской Федерации. Отчет. – М.: 2015.

Уварова Н.Е. Атмосферная эмиссия парниковых газов от нефтегазового сектора России. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. геогр. наук. по спец. Геоэкология. – М.: ИГКЭ. – 2012. –123 с.

Уварова Н.Е., Грабар В.А., Гитарский М.Л., Нахутин А.И., Дыган М.М., Бердин В.Х. Национальные параметры для расчета эмиссии парниковых газов в российском нефтегазовом секторе. Экологический вестник России. 2017. №11, с. 12-17

Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 года № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».

Экологический отчет 2017. ОАО «Сургутнефтегаз». 2017. – 64 с. (https://www.surgutneftegas.ru/responsibility/ecology/ekologicheskie-otchety/)

Эмиссии парникового газа российской системы экспортных газопроводов для транспортировки природного газа. Окончательный отчет. Вуппертальский институт климата, экологии и энергетики, Химический институт Макса Планка. Вупперталь-Майнц., 2005, –54 с.

British Petroleum. BP Statistical Review of World Energy, 68th edition, 2019, – 62 p.

COPERT III. Computer programme to calculate emissions from road transport Methodology and emission factors. Version 2.1. ETC/AEM. – November, 2000

COPERT IV Beta Version Software Description / Santiago Bel, Charis Kouridis, Leonidas Ntziachristos. –Thessaloniki, December 2005. – 52 pp.

COPERT IV. Description of new elements in COPERT 4. – Version 9.0. – November, 2011.

COPERT IV. Компьютерная программа для расчета выбросов, создаваемых дорожным транспортом. Руководствопользователя (версия 9.0). ETC/AEM. – Февраль 2012.

Dedikov J.V., Akopova G.S., Gladkaja N.G., Piotrovskij A.S., Markellov V.A., Salichov S.S., Kaesler H., Ramm A., Muller von Blumencron A., Lelieveld J. Estimating Mathane Realeases from Natural Gas Production and Transmission in Russia. Atmospheric Environment, 1999 (33), 3291-3299.

EMEP/EEA. Air pollutant emission inventory guidebook. 2013. EEA Technicalreport N 12/2013.

Hayhurst A.N., A.D. Lawrence. Emissions of nitrous oxide from combustion sources. Prog. Energy Combwt. Sci. 1992, Vol. IS, pp. 529-552.

IEA, 2006: http://www.iea.org

IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/OECD/IEA, Vol. 2, 1997.

IPCC. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES/OECD/IEA. 2000.

IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (Eds.). Vol. 2 Energy, IPCC/IGES, 2006.

Lechtenbohmer S., Dienst C., Fischedick M., Hanke T., Fernandez R., Robinson D., Kantamaneni R., Gillis B. Wuppertal Institute for Climate, Environment, Energy, Germany, US Environmental Protection Agency, United States, ICF International, United States. Tapping the leakages: Methane losses, mitigation options and policy issues for Russian long distance gas transmission pipelines. International Journal of Green house Gas Control 1, 2007, 387-395.

Lelieveld J., Lechtenböhmer S., Assonov S.S., Brenninkmeijer C.A.M., Dienst C., Fischedick M., Hanke T.: Max Planck Institute for Chemistry, Germany; Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy", Germany. "Low methane leakage from gas pipelines. Nature Publishing Group, Vol 434 14, April 2005.

Optimising Russian Natural Gas. OECD/IEA, 2006, –200 pp.

Uvarova N.E., Nakhutin A.I., Berdin V.Kh., Dygan M.M., Gytarsky M.L. The country-specific Emission Factors and Parameters for Greenhouse Gas Inventory in the Russian Oil and Gas Sector. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017 Proceedings. – Sofia, Bulgaria: STEF92 Technology LTD, 2017. p. 605-612.

Литература и источники данных к разделу 4

Адамова Н.А. Российский рынок диоксида титана: реалии и перспективы. – Вестник химической промышленности № 5, 2016, - с. 48- 53.

Айрапетов Г.А., Безродный О.К., Жолобов А.Л. и др. Строительные материалы: учебно-справочное пособие. – Ростов-на-Дону, Феникс, 2005, – 603 с.

Академия конъюнктуры промышленных рынков. Рынок хладонов в России. Отчет маркетингового исследования. – М.: АКПР, 2007.

Аксенов Е.М., Шевелев А.И., Тимесков В.А., Сабитов А.А. Количественная и геолого-экономическая оценка ресурсов неметаллических полезных ископаемых: метод. пособие в 3 т. Т.3: Нерудное металлургическое сырье. Казань: Новое знание, 2007, – 93 с

Бабакин Б.С. Стефанчук В.И. Ковтунов Е.Е. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе. – М.: Колос, 2000, – 160 с.

Бирюлев Г.Н., Гонюх В.М., Корнилов А.В. Минеральное сырье. Сырье стекольное. Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999, – 27 с.

Буланов Ю.В., Чайка Ф.Н., Состояние отечественного производства огнеупорной продукции. «Огнеупоры и техническая керамика», № 6, 2002, С. 10-13.

Василик Г.Ю., Еремина Е.М. Цементная промышленность России в 2017 г. Цемент и его применение, ноябрь-декабрь 2017, с. 22 – 31.

Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005, – 768 с.

Госкомстат России. Здравоохранение в России: Стат. сб. /Госкомстат России. – М.: 2001, – 356 с.

Госкомстат России. Здравоохранение в Российской Федерации: Стат. сб. /Госкомстат России. – М.: 1996, –101 с.

Госкомстат РФ. Промышленность России 1995-2002 Статистический сборник, Госкомстат РФ, – М.: 1996 – 2003.

Госкомстат РФ. Российский статистический ежегодник 1998 – 2004. Статистический сборник. Госкомстат РФ. М.: 1998 – 2004.

ГОСТ 23671-79. Известняк для стекольной промышленности (кусковой).

ГОСТ 23672-79. Доломит для стекольной промышленности (кусковой и молотый).

Жарко В.И., Высоцкий Е.В., Черников А.В. Цементная промышленность России в 2016 году. Производство, рынок, перспективы. Цемент и его применение, январь-февраль 2017, с. 24 – 27.

Жмай Л. (ООО «Азотэкон») Аммиачная селитра в России и в мире. Современная ситуация и перспективы. Доклад на конференции «Современное состояние и проблемы производства аммиачной селитры», г. Москва, 26 февраля 2004.

Жмай Л. (ООО «Азотэкон») Перспективы внутреннего рынка удобрений в России. Доклад на I Межрегиональной конференции «Рынок и рациональное использование удобрений и агрохимической продукции», – С-Петербург, 31.05 – 1.06 2005.

Зайдель А.Н. Погрешности измерения физических величин. – Ленинград, Наука, 1985, – 112 с.

ЗАО НПО «ПиМ-Инвест». Хладоновая проблема в России – пути и методы решения. Информационно-аналитическая справка. – М.: ЗАО НПО «ПиМ-Инвест», 2002.

Катунин В.В., Юзов О.В., Исаев В.А. Тенденции изменения расхода основных материальных и топливно-энергетических ресурсов в черной металлургии России. Бюллетень «Черная металлургия», № 11-12, 2000, С. 5-15.

Катунин В.В., Исаев В.А., Петракова Т.М. Итоги работы черной металлургии России в 2000 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 4, 2001, С. 3-13.

Катунин В.В. Итоги работы черной металлургии России за 2001 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 2, 2002, С. 3-16.

Катунин В.В. Итоги работы предприятий черной металлургии России в 2002 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 2, 2003, С. 6-19.

Катунин В.В. Основные показатели работы черной металлургии России в 2003 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 2, 2004, С. 3-16.

Катунин В.В. Черная металлургия России в 2004 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 2, 2005, С. 3-17.

Катунин В.В. Основные показатели работы черной металлургии России в 2005 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 2, 2006, С. 3-17.

Катунин В.В. Основные показатели работы черной металлургии России в 2007 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 2, 2008, С. 9-25.

Катунин В.В. Основные показатели работы черной металлургии России в 2008 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 3, 2009, С. 5-21.

Катунин В.В. Основные показатели работы черной металлургии России в 2010 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 3, 2011, С. 5-24.

Катунин В.В., Петракова Т.М., Иванова И.М. Основные показатели работы черной металлургии России в 2014 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 3, 2015, С. 3-23.

Катунин В.В., Петракова Т.М., Иванова И.М. Основные показатели работы черной металлургии России в 2016 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 3, 2017, С. 3-23.

Катунин В.В., Антипин В.Г. Черная металлургия России в начале XXI века. Бюллетень «Черная металлургия», № 3, 2013, С. 10-29.

Катунин В.В., Петракова Т.М., Иванова И.М. Основные показатели работы черной металлургии России в 2017 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 4, 2018, С. 6-28.

Катунин В.В., Зиновьева Н.Г., Петракова Т.М., Иванова И.М. Основные показатели работы черной металлургии России в 2018 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 3, 2019, С. 293-314.

Катунин В.В., Зиновьева Н.Г., Иванова И.М., Петракова Т.М. Основные показатели работы черной металлургии России в 2019 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 4, 2020, С. 309 – 334.

Катунин В.В., Зиновьева Н.Г., Иванова И.М., Петракова Т.М. Основные показатели работы черной металлургии России в 2020 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 4, 2021, С. 367 – 393.

Курина Л.Н., Князев А.С., Водянкина О.В. Разработка процесса каталитического синтеза глиоксаля. Успехи современного естествознания, № 6, 2002, С. 97 – 98.

МГЭИК. Руководящие принципы МГЭИК 2006 года для национальных кадастров парниковых газов. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК-ИГЭС-ОЭСР-МЭА, ИГЕС, Япония, 2006.

Минпромэнерго России, 2006.

Минпромэнерго России, 2007.

Михайлов В. Короли глиоксаля. Эксперт Сибирь, №21, 2012. https://expert.ru/siberia/2012/21/koroli-glioksalya/

НДК. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2018 гг. в 2 томах. – М.: 2014.

НП «Алюминий». Объемы производства алюминия сырца на предприятиях РФ. – М.: НП «Алюминий», 2007.

Оскольский электрометаллургический комбинат. Годовой отчет ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат», 2003.

Оскольский электрометаллургический комбинат. Годовой отчет ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат», 2004.

Оскольский электрометаллургический комбинат. Годовой отчет ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат», 2005.

ОСТ 1484-82. Доломит сырой металлургический. 1982.

ОСТ 1485-82. Доломит обожженный металлургический. 1982.

Павлушкин, Н.М., ред. Стекло: Справочник – М.: Стройиздат, 1973. – 487 с.

Первое независимое рейтинговое агентство. Российский рынок пищевой стеклянной тары. Маркетинговое исследование. – М., 2006.

Пископпель Л.А. (ООО «Азотэкон») Мировое производство азотной кислоты и место России. Доклад на научно-практической конференции «Производство азотной кислоты», ОАО «Кирово-Чепецкий ХК», – Кирово-Чепецк, 27-28 ноября 2001 г.

Прокопов И.В. Состояние и перспективы алюминиевой промышленности России. www.aluminium-union.ru, 2005.

Романович И.Ф., Смолин П.П., Хайруллина Г.З. и др. Магнезит и брусит: Справочник / Науч. ред. Н. Н. Ведерников. – М.: Геоинформмарк, 1999. – 33с.

Росстат. Беларусь и Россия 2004 – 2015. Статистический сборник, // Росстат, – М.: 2005 – 2015.

Росстат. Здравоохранение в России 2005-2018 Статистический сборник, // Росстат, – М.: 2006 – 2019

Росстат. Промышленность России 2005-2018 Статистический сборник // Росстат, – М.: 2006 – 2019.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2005. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2006.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2007. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2008.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2008. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2009.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2010. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2011.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2011. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2012.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2012. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2013.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2013. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2014.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2014. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2015.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2015. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2016.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2016. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2017.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2017. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2018.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2018. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2019.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2019. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2020.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2020. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2021.

Сементовский Ю.В., Бобрикова Е.В. Минеральное сырье. Доломит. Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998, – 25 с.

Сементовский Ю.В., Минеральное сырье. Известняк. Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999, – 19 с.

Сементовский Ю.В., Мясников Н.Ф., Рахматуллин Э.Х. Минеральное сырье. Мел. Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997, – 19 с.

Сенаторов П.П., Хайдарова Н.З. и др. Отчет по теме «Сбор и обобщение информации об объемах использования карбонатных пород в качестве флюсов для черной и цветной металлургии, в производстве огнеупорных материалов и глинозема в Российской Федерации в 1990 – 2005 гг.». – Казань, «ЦНИИГеолнеруд», 2006.

Сенаторов П.П., Хайдарова Н.З. и др. Отчет по теме «Сбор и обобщение информации об объемах использования карбонатных пород для производства химических продуктов, получаемых путем их обжига, стекла, и для известкования кислых почв в Российской Федерации в 1990 – 2005 гг.». – Казань, «ЦНИИГеолнеруд», 2006.

Снегов С. Технологическое отставание заводов угрожает их будущему. Финансовые известия, 1997, № 48, С. 5.

Соколов Р.С. Химическая технология в 2 томах. «Гуманитарный изд. Центр ВЛАДОС». – М.: 2003.

Сосна М.Х., Алейнов Д.П. Модернизация азотной промышленности – требование времени. Химическая промышленность, № 5, 2001, С. 7-9.

Стрельцов А.Н., Шишов В.В. Справочник по холодильному оборудованию предприятий торговли и общественного питания. – М.: Издательский центр «Академия», 2006, – 400 с.

ТУ 14-8-232-77. Доломит дробленный для производства конвертерных огнеупоров.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2020 год, – М., 2021.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2019 год, – М., 2020.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2018 год, – М., 2019.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2015 год, – М., 2016.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2014 год, – М., 2015.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2013 год, – М., 2014.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2012 год, – М., 2013.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2011 год, – М., 2012.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2010 год, – М., 2011.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2009 год, – М., 2010

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2008 год, – М., 2009.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2007 год, – М., 2008.

Цветков О.Б. Холодильные агенты в Киотском протоколе значатся. Холодильная техника, № 1, 2005, С. 8-11.

Цой А.Н., Архипов В.В. Современный подход к ведению больных бронхиальной астмой, 2007. Режим доступа: http://www.medlinks.ru/article.php?sid=29046, свободный.

Шишкин А.В. Карбонатные породы. В сб. «Неметаллические полезные ископаемые СССР». – Москва, Недра, 1984, С.195-207.

Шевелев Л.Н. Об итогах развития черной металлургии в 1995 г. Бюллетень «Черная металлургия», № 2, 1996 С. 3-9.

Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Черноусов П.И. Промышленность и окружающая среда. ИКЦ «Академкнига», – М.: 2002, – 469 с.

ABARUS Market Research. Российский рынок пенополистирольной и пенополиуретановой теплоизоляции. – М.: ABARUS Market Research, 2010, – 125 с.

EEA. EMEP CORINAIR. Emission Inventory Guidebook – 2005 European Environment Agency. Technical report No 30. Copenhagen, Denmark: 2005. Available from web site: http://reports eea.eu.intEMEPCORINAIR4/en

EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA, 2005).

Environment Agency Austria. Austria's National Inventory Report 2013. Vienna: Environment Agency Austria, 2013. – 776 с.

National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2008. Dessau: Federal Environment Agency Germany, 2010. – 672 с.

Federal Environment Agency. National Inventory Report, p. 294, Federal Environment Agency Germany, 2007.

IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Japan: IGES, 2006

IPCC. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC-IGES-OECD-IEA, Japan, 2000.

IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC-OECD-IEA, Paris, 1997.

National Inventory Report 2008 of the Republic of Lithuania, Vilnus.

National Inventory Report, 2003-2007 APAT – Agency for Environmental Protection and Technical Services, Italy, 2008.

Research Techart. Маркетинговое исследование рынка автоматических установок пожаротушения. – М.: Research Techart, 2012, – 55 с.

Литература и источники данных к разделу 5

Абрамов М.Д. (1990). Особенности биологии размножения лисиц // Науч. Тр. НИИ пушного звероводства и кролиководства. Т. 5. С. 3-39.

Балакирев Н.А., Кузнецов Г.А. (2006). Звероводство: учеб. для студентов вузов по специальности 110401 "Зоотехния". – М.: Колос. – 342 с.

Борисова Н.И., Бурцева С.Н., Родионов В.Н., Семенов Ю.И. (1978). Влияние влажности почвы на газообразные потери азота в результате денитрификации // Бюллетень Почвенного Института им В.В. Докучаева. Вып. XIX. С. 73-78.

Вагин Е.А. (1977). Пушное звероводство и кролиководство / Вагин Е.А., Квапиль А.И., Клецкин П.Т., Уткин Л.Г. – М.:Агропромиздат. С. 65-83.

Вехов В.Н., Губанов И.А., Лебедева Г.Ф. (1978). Культурные растения СССР. Отв. ред. Т.А. Работнов. – М.: Мысль. – 336 с.

Гидрометслужба СССР (1965-1966). Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоиздат. Часть 2. Вып. 1-34.

Гитарский М.Л., Лоджун Ж.Н., Нахутин А.И., Савин В.А., Карабань Р.Т., Алексахин Р.М., Назаров И.М. (2001). Эмиссия парниковых газов от сельскохозяйственных животных и птицы в аграрном секторе России // Сельскохозяйственная биология. №6. С. 73-79.

Госкомстат России (1995а). Внесение минеральных и органических удобрений под урожай 1994 года. – М.:– 66 с.

Госкомстат России (1996). Внесение удобрений под урожай 1995 года и проведение работ по химической мелиорации земель. – М.:– 80 с.

Госкомстат России (1998). Сельское хозяйство в России. Стат. сборник. – М.:– 448 с.

Госкомстат России (1999). Внесение удобрений под урожай 1998 года и проведение работ по химической мелиорации земель. – М.:– 81 с.

Госкомстат России (2000). Сельское хозяйство в России. Стат. сборник – М.:– 414 с.

Госкомстат России (2002). Сельское хозяйство в России. Стат. сборник. – М.:– 448 с.

Куракова Н.Г., Умаров М.М. (1984). Роль денитрификации в азотном балансе почв. Агрохимия. № 5. С.118-129.

Левин Ф.И. (1977). Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // Агрохимия. № 8. С. 36-42.

Левин Ф.И. (1983). Вопросы окультуривания, деградации и повышения плодородия пахотных почв. – М.: МГУ. – 93 с.

Ломако Е.И. (1992b). Определение количества растительных остатков в посевах полевых культур по урожаю основной продукции // Материалы юбилейной научной конференции Казанского сельскохозяйственного института. Часть 1. Казань: Татарское книжное издание. С. 89-91.

Ломако Е.И. (1992a). К методике оценки хозяйственного баланса азота в посевах многолетних трав. // Материалы юбилейной научной конференции Казанского сельскохозяйственного института. Часть 1. Казань: Татарское книжное издание. С. 91-94.

Макаров Б.Н. (1967). Влияние некоторых факторов на выделение азота из почвы // Агрохимия. № 10. С. 85-90.

Макаров Б.Н. (1994). Газообразные потери азота почвы и удобрений и приемы их снижения // Агрохимия. № 1. С. 101-114.

МГЭИК (1997). Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Международное энергетическое агентство (МЭА). Париж. Т.1. Т.2. Т.3.

МГЭИК (2000). Руководящие указания по эффективной практике и учет факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. Пинман Д., Крюгер Д., Галбалли И., Хираиши Т., Нуензи Б., Эммануил С., Буэндиа Л. и др. Япония: ИГЕС.

МГЭИК (2006). Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 года. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. Игглестон Х.С., Буэндиа Л., Мива К., Нгара Т.. Танабе К. Япония: ИГЕС. Т. 4. Часть 1. Часть 2.

Методические указания по проведению выборочного федерального статистического наблюдения за сельскохозяйственной деятельностью личных подсобных и других индивидуальных хозяйств граждан. Приказ Росстата от 25.09.2019 г. № 552.

Методические указания по проведению годовых расчетов расхода кормов скоту и птице в хозяйствах всех категорий. Приказ Росстата от 05.10.2012 г. №516.

Минсельхоз (1983). Общесоюзные нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета (ОНТП 17-81). – М.: Колос. – 32 с.

Минсельхоз (2001). НТП – АПК 1.10.05.001-01. Нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий. – М.:– 48 с.

Минсельхоз РСФСР (1980). Распределение земельного фонда с.х. угодий РСФСР по группам почв. Россельхозхимия. Главное управление землепользования и землеустройства. ВНИ и проектно-технологический институт химизации с.х. – М.:– 107 с.

Минсельхозпрод (1999). НТП 1-99. Нормы технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота. – М.:– 29 с.

Павлик С.В. (2012). Оценка эмиссии парниковых газов из сельскохозяйственных почв при использовании различных агротехнологий: Автореф. дис. канд. биол. наук. – СПб: ГНУ Агрофизический НИИ РАСХН. – 29 с.

Поляков А.Д. (2004). Серебристо-черная лисица (методические рекомендации производству). Кемерово: АНО ИПЦ «Перспектива». – 40 с.

РАСХН (1995). Агропромышленный комплекс России: ресурсы, продукция, экономика. Стат. сборник. Новосибирск. Т.1, 260 с.

Романовская А.А. (2000). Антропогенная эмиссия закиси азота сельскохозяйственными землями России: Автореф. дис. канд. биол. наук. – М.:– 19 с.

Романовская А.А., Гитарский М.Л., Карабань Р.Т., Назаров И.М. (2002). Оценка эмиссии N2O от неутилизируемой в аграрном секторе страны мортмассы сельскохозяйственных растений // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – СПб: Гидрометеоиздат. Т. XVIII. С. 276-286.

Росгидромет (2014). Доклад об особенностях климата на территории РФ за 2013 год. – М.:– 109 с.

Росреестр (2007-2015). Земельный фонд России на 1 января (2007-2015). Минэкономразвития РФ. – М.: 711-738 с.

Росреестр (2016). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2015 году. Минэкономразвития РФ. – 224 с.

Росстат (2004). Сельское хозяйство, охота и лесоводство в России. Стат. сборник. – М.: – 478 с.

Росстат (2005-2020). Российский статистический ежегодник. Стат. сборник. – М.

Росстат (2011). Торговля в России. Стат. сборник.– М.:– 519 с.

Росстат (2011-2017). Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. Стат. сборник. – М.: 203-439 с.

Росстат (2019 - 2021). Баланс товарных ресурсов отдельных товаров (видов продукции) за 2020 год. Стат. Сборник. – М.: 24 стр.

Соловьев Г.А., Большева Т.Н., Куракова Н.Г., Степанов А.Л., Шабаев В.П., Умаров М.М. (1988). Оптимизация азотного баланса дерново-подзолистой почвы при внесении различных форм и доз азотных удобрений // Оптимизация водного и азотного режимов почвы. – М.: МГУ. С. 139-149.

Степанов А.Л. (2000). Микробная трансформация закиси азота в почвах: Автореф. дис. докт. биол. наук. – М.:– 49 с.

Умаров М.М., Шабаев В.П., Степанов А.Л., Болышева Т.Н. (1996). Азотфиксирующая и денитрифицирующая активность серой лесной почвы и трансформация азота при внесении азотных удобрений // Агрохимия. № 2. С. 3-10.

Унежев Х.М. (1996). Количество органических остатков у разных видов многолетних бобовых трав в горной зоне Северного Кавказа. // Тезисы докладов 4 международной научной конференции СОИСАФ «Биологический азот в растениеводстве». – М.: С. 99-100.

Чупрова В.В. (1997). Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири. Красноярск: Красноярский Государственный Университет. – 165 с.

Шильников И.А., Ермалаев С.А., Аканова Н.И. (2006). Баланс кальция и динамика кислотности пахотных почв в условиях известкования. – М.: ВНИИА. – 150 с.

Шпаков А.П., Назаров В.К., Певзнер И.Л., Пахомов И.Я. (1991). Кормовые нормы и состав кормов: Справочное пособие. Минск: Ураджай. – 384 с.

Christensen S. (1985). N2O-formation during soil cropping // Denitrification in the nitrogen cycle. New York and London: Plenum press. P. 135-144.

IPCC (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi T., Krug T., Tanabe K., Srivastava N., Baasansuren J., Fukuda M. and Troxler T.G. (eds). Published: IPCC Switzerland. – 354 p.

Romanovskaya A.A, Gytarsky M.L, Karaban' R.T, Konyushkov D.E, Nazarov I.M. (2002). Nitrous oxide emission from agricultural lands in Russia // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. Vol.7. No. 1. P. 31-43.

Romanovskaya A.A., Gytarsky M.L., Karaban' R.T., Nazarov I.M. (2004). Nitrous oxide emission from residues of agricultural crops in Russia within 1990-2002 // Proceedings of 3rd International Nitrogen Conference (Nanjing, China, 12-16 October 2004). P. 740-743.

Sneath R.W., Phillips V.R., Demmers G.M., Burgess L.R., Short J.L. (1997). Long term measurements of greenhouse gas emissions from UK livestock buildings // Livestock Environment: Proceedings of the Fifth International Symposium (Bloomington MN, May 29-31, 1997). Bio-Engineering Division, Silsoe Research Institute. Wrest Park, Silsoe, Bedford, MK45 4HS. P. 146-153.

Svensson B.H., Klemedtsson L., Rosswall T. (1985). Preliminary field denitrification studies on nitrate- fertilized and nitrogen- fixing crops // Denitrification in the nitrogen cycle. NewYorkandLondon: Plenumpress. P. 157-170.

Литература и источники данных к разделу 6

Алексеев В.А., Бердси Р.А. (ред.) (1994). Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева. – 210 с.

Базилевич Н.И. (1993) Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука. – 293 с.

Бамбалов Н.Н., Янковская Н.С. (1994). Фракционный состав азотного фонда органических удобрений и растений-торфообразователей // Агрохимия. Т. 78. С. 55-61.

Барталев С.А., Беляев А.И., Егоров В.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Коршунов Н.А., Котельников Р.В., Лупян Е.А. (2005). Валидация результатов выявления и оценки площадей, поврежденных пожарами лесов по данным спутникового мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. Выпуск 2. Т. II. С.343-353.

Барталев С.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е. (2008). Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агенства лесного хозяйства РФ (состояние и перспективы развития) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Выпуск 5. Т. II. С.419-429.

Барталев С.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е. (2010). Основные возможности и структура информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т.7. № 2. С.97-105.

Благодатсткий С.А., Ларионова А.А., Евдокимов И.В. (1993) Вклад дыхания корней в эмиссию CO_2 из почвы // Дыхание почвы. Пущино. С. 26-32.

Болотина Н.И. (1976) Запасы гумуса и азота в основных типах почв СССР // Агрохимическая характеристика почв СССР. Т. 15. С. 187-202.

Бурдюков В.Г., Телюкин В.А. (1983). Биологическая активность почвы при разных условиях питания растений // Агрохимия. № 4. С. 90-94.

Васильев В.А., Филиппова Н.В. (1988) Справочник по органическим удобрениям. Москва: Росагропромиздат. – 255 с.

Росгидромет (1994). Ежегодник качества поверхностных вод РФ. 1993. Обнинск: ВНИИ ГМИ-МЦД. – 481 с.

Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. (2003) Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие. Под редакцией академика РАН Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена. – 268 с.

Гидрометслужба СССР (1965-1966). Справочник по климату СССР. Часть 2. Выпуски 1-34. Ленинград: Гидрометеоиздат.

Гиляров М.С. (гл. ред.) (1989). Биологический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия. – 384 с.

Гитарский М.Л., Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Карабань Р.Т. (2006) Эмиссия и поглощение парниковых газов в лесном секторе страны как элемент выполнения обязательств по климатической конвенции ООН // Лесоведение. № 6. С. 34-44.

Голубев Л.Г. (2005). Древесиноведение. Учебное пособие. Казань: Казанский государственный технологический университет. – 148 с.

Госкомлес СССР (1976a). Лесной фонд СССР (по учету на 01 января 1973 г.). Книга 1. – М.: Лесная промышленность. – 600 с.

Госкомлес СССР (1976b). Лесной фонд СССР (по учету на 01 января 1973 г.). Книга 2. – М.: Лесная промышленность. – 560 с.

Госкомлес СССР (1982a). Лесной фонд СССР (по учету на 01 января 1978 г.). Т. 1. – М.: Типография МТ РСФСР. – 602 с.

Госкомлес СССР (1982b). Лесной фонд СССР (по учету на 01 января 1978 г.). Т. 2. – М.: Типография МТ РСФСР. – 684 с.

Госкомлес СССР (1990). Лесной фонд СССР (по учету на 1 января 1988 года). Стат. сб. в 2-х т. Т. 1. – М.: – 1005 с.

Госкомлес СССР (1991). Лесной фонд СССР (по учету на 1 января 1988 года). Стат. сб. в 2-х т. Том 2. – М.: – 1021 с.

Госкомстат России (1993). Российская Федерация в 1992 году. Стат. ежегодник. М.: Республиканский информационно-издательский центр. – М.: – 654 с.

Госкомстат России (1994). Внешние экономические связи Российской Федерации в 1993 году. Стат. Сборник. – М.: – 446 с.

Госкомстат России (1994). Российский статистический ежегодник. 1994. Стат. сборник. – М.: – 799 с.

Госкомстат России (1995a). Использование минеральных удобрений в 1994 г. – М.: – 80 с.

Госкомстат России (1995b). Сельское хозяйство в России. Стат. сборник. – М.: – 503 с.

Госкомстат России (1998). Сельское хозяйство в России. Стат. сборник. – М.: – 448 с.

Госкомстат России (2000). Сельское хозяйство в России. Стат. сборник. – М.: – 414 с.

Госкомстат России (2002a). Строительство в России. Стат. сборник. – М.: – 254 с.

Госкомстат России (2002b). Сельское хозяйство в России. Стат. сборник. – М.: – 448 с.

Госкомстат РСФСР (1990). Народное хозяйство РСФСР в 1989 г.: стат. ежегодник. – М.: Республиканский информационно-издательский центр. – 692 с.

Госкомстат РСФСР (1993). Народное хозяйство РСФСР в 1992 году: статистический ежегодник. – М.: Республиканский информационно-издательский центр, 1993.

Госкомстат РСФСР (1991). Народное хозяйство РСФСР в 1990 г.: стат. ежегодник. М.: Республиканский информационно-издательский центр. – 592 с.

Госплан СССР (1962). Лесной фонд РСФСР. Статистический сборник (по материалам учета лесного фонда на 01 января 1961 г.). – М.: Гослесбумиздат. – 628 с.

Госстрой СССР (1973). СН 452-73. Нормы отвода земель для магистральных трубопроводов. – М.: Стройиздат. – 5 с.

Госстрой СССР (1974). СН 459-74. Нормы отвода земель под нефтяные и газовые скважины. – М.: – 8 с.

Госстрой СССР (1974). СН 461-74. Нормы отвода земель для линий связи. – М.: Стройиздат. – 7 с.

Госстрой СССР (1975). СН 465-74. Нормы отвода земель для электрических сетей напряжением 0,4-500 кВ. – М.: Стройиздат. – 12 с.

Госстрой СССР (1985). СНиП 2.05.02-85. Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги. – М.: – 54 с.

Госстрой СССР (1995). СНиП 32-01-95. Строительные нормы и правила РФ. Железные – М.: – 21 с.

Государственный комитет СССР по лесу (1986). Лесной фонд СССР (по учету на 01 января 1983 г.). Том 1. – М.: ЦБНТИ. 1986. – 892 с.

Государственный комитет СССР по лесу (1987). Лесной фонд СССР (по учету на 01 января 1983 г.). Том 2. – М.: ЦБНТИ. – 976 с.

Государственный таможенный комитет Российской Федерации. (1995). Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 1994 год: годовой сборник. – М.: – 502 с.

Государственный таможенный комитет Российской Федерации. (1997). Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 1996 год: годовой сборник. – М.: – 517 с.

Государственный таможенный комитет Российской Федерации. (1998). Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 1997 год: годовой сборник. – М.: – 539 с.

Государственный таможенный комитет Российской Федерации. (1999). Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 1998 год: Годовой сборник. – М.: – 488 с.

Государственный таможенный комитет Российской Федерации. (2000). Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 1999 год: годовой сборник. – М.: – 412 с.

Государственный таможенный комитет Российской Федерации. (2001). Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 2000 год: годовой сборник. – М.: – 450 с.

Государственный таможенный комитет Российской Федерации. (2002). Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 2001 год: годовой сборник. – М.: – 507 с.

Государственный таможенный комитет Российской Федерации. (2003) Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 2002 год: годовой сборник. – М.: – 514 с.

Государственный таможенный комитет РФ (2005a). Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 2004 год. Том 1. – М.: – 342 с.

Государственный таможенный комитет РФ. (2005b). Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 2004 год. Том 2. – М.: – 726 с.

Грабар В.А. (2008) Оценка динамики углерода при лесозаготовке и лесопереработке в России: дисс. ... канд. биол. наук. – М.: – 153 с.

Дукаревич Б.И. (1976). Справочник по минеральным удобрениям. – М.: Моск. рабочий. – 192 с.

Думнов А.Д., Максимов Ю.И., Рощупкина Ю.В., Аксенова О.А. (2005). Лесные пожары в Российской Федерации (статистический справочник). Под редакцией А.Д. Думнова и Н.Г. Рыбальского. М.: НИА-Природа. 230 с.

Дьяконова К.В. (1961). Почва как источник углекислоты для растений в условиях, орошаемых и неорошаемых Предкавказских черноземов. Микроорганизмы и органическое вещество почвы. – М.: Изд-во АН СССР. С. 119-182.

Елизаров Ф.А. (1963). Точность учета общих запасов насаждений при разных разрядах лесоустройства и аэротаксации // Сборник статей по обмену производственно-техническим опытом по лесному хозяйству и лесоустройству. Вып. 7. Л.: НТО по лесной промышленности и лесному хозяйству. С. 35-42.

Елизаров Ф.А., Мошкалев А.Г. (1963). Мероприятия по повышению точности таксации лесного фонда // Сб. науч.-иссл. работ по лесн. хоз-ву ЛенНИИЛХ. Вып. VI. С. 69-82.

Емельянов И.И. (1970). Динамика углекислоты и кислорода в темно-каштановых карбонатных почвах Целиноградской области // Труды Института почвоведения АН КазССР. Т. 18. Алма-Ата. С. 25-44.

Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Каменщикова В.И. (2010). Эколого-биологические свойства урбаноземов г. Перми //Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. Вып. 4. С. 56-63.

Жарикова Е.А. (2012). Оценка основных свойств почв лесных и парковых территорий города Владивостока // Земледелие, почвоведение и агрохимия. №1 (26). С. 40-46.

Заварзин Г.А. (2001). Роль биоты в глобальных изменениях климата // Физиология растений. Т. 48, № 2. С. 306-314.

Замолодчиков Д.Г. (2009). Оценка пула углерода крупных древесных остатков в лесах России: учет влияния пожаров и рубок // Лесоведение. № 4. С. 3-15.

Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Коровин Г.Н., Гитарский М.Л., Блинов В.Г., Дмитриев В.В., Курц В.А. (2013). Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации в 1990-2050 гг.: ретроспективная оценка и прогноз // Метеорология и гидрология. № 10. С. 73-92.

Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. (2011). Динамика бюджета углерода лесов России за два прошедших десятилетия // Лесоведение. № 6. С. 16-28.

Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Коровин Г.Н., Гитарский М.Л., Блинов В.Г., Дмитриев В.В., Курц В.А. (2013а). Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации в 1990-2050 гг.: ретроспективная оценка и прогноз // Метеорология и гидрология. № 10. С. 73-92.

Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Шуляк П.П., Честных О.В. (2013б). Влияние пожаров и заготовок древесины на углеродный баланс лесов России // Лесоведение. № 5. С. 36-49.

Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Гитарский М.Л. (2007). Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации // Лесоведение. № 6. С. 23-34.

Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Честных О.В., Сонген Б. (2005а). Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России. – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 198 с.

Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. (2005). Запасы дебриса, его разложение и депонирование в лесном фонде России: результаты расчетов // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Матер. 6-й Междунар. конф. 18-22 сентября 2005 г. – М., Петрозаводск: Научный совет РАН по лесу, Ин-т лесоведения РАН, Ин-т леса КНЦ РАН. С. 138-143.

Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В. (2003). Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. Вып. 1 (32). С. 119-127.

Зборищук Н.Г. (1979). Некоторые особенности динамики CO_2 в орошаемых Предкавказских черноземах // Вестник МГУ. Серия Почвоведение. № 3. С. 40-44.

Зонн С.В., Алешина А.К. (1953). О газообмене между почвой и атмосферой под пологом лесных насаждений // Докл. АН СССР. Т. XCII. №5. С. 40-44.

Зорина Е.Ф. (2000). Овраги, оврагообразование и потенциал развития // Эрозия почв и русловые процессы. Вып.12. – М.: МГУ. С. 72-95.

Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. (1995). Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России (Аналитический обзор). – М.: Центр экологической политики России. – 155 с.

Исаев А.С., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Пряжников А.А., Замолодчиков Д.Г. (1993). Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России // Лесоведение. № 5. С. 3-10.

Каталымов М.В. (ред.) (1960). Справочник по минеральным удобрениям: теория и практика применения. М.: Сельхозгиз, 1960. – 552 с.

Кобак К.И. (1988). Биологические компоненты углеродного цикла. – Л.: Гидрометеоиздат. – 248 с.

Ковалев Н.А., Лупян Е.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Бурцев М.А., Ершов Д.В., Кривошеев Н.П., Мазуров А.А. (2020). ИСДМ-Рослесхоз: 15 лет эксплуатации и развития // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 17. № 7. С. 283–291. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-283–291.

Ковалева А.Е., Булаткин Г.А. (1987). Динамика CO_2 серых лесных почв // Почвоведение. № 5. С. 111-114.

Козьмин Г.В., Гончарик Н.В., Алексахин Р.М., Козьмина Д.Н., Карабань Р.Т., Сафронов А.В. (1998). Эмиссия углекислого газа в животноводстве на территории Российской Федерации // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. № 2. С. 42-44.

Комитет РФ по земельным ресурсам и землеустройству (1993). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации. – М.: – 95 с.

Кононова М.М. (1984). Органическое вещество и плодородие почвы // Почвоведение. № 8. С. 7-20.

Корзухин М.Д., Коротков В.Н. Модификация модели РОБУЛ для расчета углеродного баланса лесов России // Фундаментальная и прикладная климатология. 2018. Том 3. С. 30-53.

Коровин Г.Н., Гитарский М.Л., Исаев А.С., Замолодчиков Д.Г., Карабань Р.Т. (2006). О роли лесного сектора в смягчении изменения климата // Лесное хозяйство. № 4. С. 11-13.

Коротков В.Н. Оценка углероддепонирующей роли полезащитных и противоэрозионных насаждений Российской Федерации, созданных в 1946-2016 гг. // Системы контроля окружающей среды – 2018 / Тезисы докладов Международной научно-технической конференции. – Севастополь, 05 – 09 ноября 2018 г. – Севастополь: Колорит, 2018. – С. 127.

Коротков В.Н., Романовская А.А. (2014). Оценка выбросов парниковых газов от торфоразработок в Российской Федерации за период с 1990 по 2012 год // Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири: Материалы второй международной научно-практической конференции (18-21 августа 2014 года, г. Томск, Россия). Томск: ООО «РГ Графика». С. 120-122.

Коротков В.Н., Романовская А.А., Карабань Р.Т., Смирнов Н.С. (2012). Оценка углеродного бюджета лесов России в рамках отчетности по Киотскому протоколу // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. Т. 90, Вып. 7. С. 58-64.

Котакова П.С. (1975). Продуцирование CO_2 выщелоченным черноземом при различном его сельскохозяйственном использовании // Науч. Тр. Орлов. Обл. с-х опытной станции. Вып. 7. С. 181-190.

Котельников Р.В., Лупян Е.А., Барталев С.А., Ершов Д.В. (2019). Космический мониторинг лесных пожаров: история создания и развития ИСДМ-Рослесхоз // Лесоведение.. № 5. С. 399-409. DOI: 10.1134/S0024114819050048.

Котельников Р.В., Флитман Е.В. (2007). Технология идентификации спутниковых данных о лесных пожарах с данными наземного и авиационного мониторинга с использованием ИСДМ-РОСЛЕСХОЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Выпуск 4. Т. I. С.162-166.

Кретинина Т.А., Пожилов В.И. (1989). Влияние систематического применения удобрений и орошения на биологические свойства светло-каштановой почвы // Агрохимия. № 5. С. 65-72.

Кривонос Л.А., Егоров В.П. (1983). Биологическая активность черноземов в агроценозах Курганской области // Почвы Зап. Сибири и повышение их биологической активности. Омск. С. 8-14.

Кудеяров В.Н., Курганова И.Н. (2005). Дыхание почв России: анализ базы данных, многолетний мониторинг, общие оценки // Почвоведение. № 9. С. 1112-1121.

Кудеяров В.Н., Хакимов Ф.И., Деева Н.Ф., Ильина А.А., Кузнецова Т.В., Тимченко А.В. (1995). Оценка дыхания почв России // Почвоведение. № 1. С. 33-42.

Кулик К.Н., Павловский Е.С. (2008). Стратегические направления защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года // Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 23-26 сентября 2008 г. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2008. – С. 9-19.

Курганова И.Н., В.О. Лопес де Гереню, Т.Н. Мякшина, Д.В. Сапронов, В.Н. Кудеяров. (2007). Оценка газообразных потерь углерода из почв агроэкосистем Российской Федерации // Материалы IV Всероссийской научной конференции «Гуминовые вещества в биосфере». МГУ, 19-21 декабря 2007 г. Санкт-Петербург. С. 54-57.

Куренкова С.В. (1998). Пигментная система культурных растений в условиях подзоны средней тайги Европейского Северо-Востока. Екатеринбург: УрО РАН. – 115 с.

Ларионова А.А. (1988). Динамика интенсивности дыхания серой лесной почвы в зависимости от агроэкологических факторов: автореф. дисс. … канд. биол. наук. – М.: – 20 с.

Ларионова А.А., Розонова Л.Н. (1993). Суточная, сезонная и годовая динамика выделения CO_2 из почвы // Дыхание почвы. Пущино. С. 59-68.

Лебков В.Ф. (1965). Изменчивость таксационных признаков внутри выделов и ее влияние на точность таксации лесного фонда при лесоустройстве // Пути совершенствования инвентаризации лесов Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука. С. 5-40.

Левин Ф.И. (1977). Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // Агрохимия. № 8. С. 36-42.

Лесной кодекс Российской Федерации. – М.: Ось-89. 1997. – 64 с.

Лупян Е.А., Барталев С.А., Ершов Д.В., Котельников Р.В., Балашов И.В., Бурцев М.А., Егоров В.А., Ефремов В.Ю., Жарко В.О., Ковганко К.А., Колбудаев П.А., Крашенинникова Ю.С., Прошин А.А., Мазуров А.А., Уваров И.А., Стыценко Ф.В., Сычугов И.Г., Флитман Е.В., Хвостиков С.А., Шуляк П.П. (2015). Организация работы со спутниковыми данными в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 12. № 5. С. 222-250.

Любимов Б.П., Никольская И.И., Прохорова С.Д. (2000). Интенсивность современной овражной эрозии по Европейской территории России // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 12. – М.: МГУ. С. 96-100.

Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. (2010). Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. – М.: ГЕОС. – 416 с.

Лядова Н.И. (1975). Влияние агротехнических приемов на биологическую активность южного чернозема // Пути повышения урожайности полевых культур на юге Украины. Одесса. С. 3-7.

Макаров Б.Н. (1988). Газовый режим почв. – М.: Агропромиздат. – 105 с.

Макаров Б.Н. (1993) Дыхание почвы и роль этого процесса в углеродном питании растений // Агрохимия. № 8. С. 94-104.

Массо В.Я. (1979). Динамика химического состава коровьего навоза при различных технологиях его использования // Агрохимия. № 5. С. 90-98.

Маттис Г.Я., Степанов А.М. Уроки «плана преобразования природы» // Защитное лесоразведение: история, достижения, перспективы (к 50-летию постановления «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрению травопольных севооборотов, строительстве прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР»). – Волгоград, 1998. – 236 с.

МГЭИК (1997). Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК, 1996. В 3-х томах. Режим доступа: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/russian.html

МГЭИК (2000). Руководящие указания по эффективной практике и учет факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Режим доступа: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/russian/gpgaum_ru.html

МГЭИК (2003). Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Режим доступа: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_languages.html

МГЭИК (2006). Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006 г. в 5-ти томах. Том 4. Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования Хаяма: Институт глобальных стратегий окружающей среды. Режим доступа: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html

Межведомственная комиссия Российской Федерации по проблемам изменения климата (2002). Третье национальное сообщение Российской Федерации. – М.: – 158 с.

Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2007). ГОСТ 78-2004 Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи. Технические условия. Минск.

Министерство внешней торговли (1967). Внешняя торговля СССР в 1918-1966 гг.: Стат. сб. – М.: Международные отношения. – 42 с.

Министерство внешней торговли (1973). Внешняя торговля СССР в 1972 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 320 с.

Министерство внешней торговли (1974). Внешняя торговля СССР в 1973 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 320 с.

Министерство внешней торговли (1975). Внешняя торговля СССР в 1974 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 320 с.

Министерство внешней торговли (1979). Внешняя торговля СССР в 1978 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 288 с.

Министерство внешней торговли (1980). Внешняя торговля СССР в 1979 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 286 с.

Министерство внешней торговли (1981). Внешняя торговля СССР в 1980 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 279 с.

Министерство внешней торговли (1982). Внешняя торговля СССР в 1981 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 278 с.

Министерство внешней торговли (1983). Внешняя торговля СССР в 1982 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 280 с.

Министерство внешней торговли (1984). Внешняя торговля СССР в 1983 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 280 с.

Министерство внешней торговли (1985). Внешняя торговля СССР в 1984 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 280 с.

Министерство внешней торговли (1986). Внешняя торговля СССР в 1985 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 279 с.

Министерство внешней торговли (1987). Внешняя торговля СССР в 1986 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 278 с.

Министерство внешней торговли (1988). Внешняя торговля СССР в 1987 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 287 с.

Министерство внешней торговли (1989). Внешняя торговля СССР в 1988 году: Стат. сб. – М.: Финансы и статистика. – 287 с.

Министерство сельского хозяйства РФ (2001). Результаты агрохимического мониторинга на реперных участках. – М.: Агроконсалт. – 80 с.

Минсельхоз России (1996). Промышленно-экономические показатели развития агропромышленного комплекса России в 1995 г. Часть 1. – М.: Информагробизнес. – 269 с.

Минсельхоз РСФСР (1980). Распределение земельного фонда сельскохозяйственных угодий РСФСР по группам почв. – М.: Россельхозхимия, Главное управление землепользования и землеустройства, ВНИ и проектно-технологический институт химизации с.х. – 107 с.

Минсельхоз СССР (1983). ОНТП 17-81. Общесоюзные нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. – М.: Колос. – 32 с.

Мокроносов А.Т. (1999). Глобальный фотосинтез и биоразнообразие растительности // Глобальные изменения природной среды и климата. Круговорот углерода на территории России. Избранные научные труды по проблеме «Глобальная эволюция биосферы. Антропогенный вклад». Отд. выпуск под ред. Г.А. Заварзина. – М.: С. 19-62.

МПС России (1997). ОСН 3.02.01-97. Отраслевые строительные нормы. Нормы и правила проектирования отвода земель для железных дорог. – М.: 1997.

Мыц Е.А. (1996). Потери аммиачного азота из навоза и приготовленных по различным технологиям компостов в зависимости от сроков запашки // Агрохимия. № 7. С. 74-76.

Наумов А.В. (1994). Сезонная динамика и интенсивность выделения CO_2 в почвах Сибири // Почвоведение. № 12. С. 77-83.

Загреев В. В., Сухих В. И., Швиденко А. З., Гусев Н. Н., Мошкалев А. Г. (1992). Общесоюзные нормативы для таксации лесов. – М.: Колос,. – 495 с.

Орлов Д.С. (1999). Запасы, поступление и круговорот углерода в почвах России. // Круговорот углерода на территории России. М.: Министерство науки и технологий РФ. С. 271-299.

Орлов Д.С., Бирюкова О.М. (1995). Запасы углерода органических соединений в почвах Российской Федерации // Почвоведение. № 1. С. 21-32.

Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. (1996). Реальные и кажущиеся потери органического вещества почвами Российской Федерации // Почвоведение. № 2. С. 197-207.

Павлик С.В. (2012). Оценка эмиссии парниковых газов из сельскохозяйственных почв при использовании различных агротехнологий: автореф. дис. … канд. биол. наук. Санкт-Петербург. – 29 с.

Пацукевич З.В., Козловская М.Э. (2000). Эрозионно-аккумулятивные процессы в степной зоне Европейской части России // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 12. – М.: Изд-во МГУ. – 297 с.

Попов П.Д., Хохлов В.И., Егоров А.А. и др. (1988). Органические удобрения: Справочник. – М.: Агропромиздат. – 207 с.

Попова Э.П. (1968). Интенсивность дыхания почв под различными культурами // Труды Красноярского сельскохозяйственного ин-та. Т. XIX. С. 157-163.

Рожков В.А., Вагнер В.В., Кагут Т.М. и др. (1997). Запасы органических и минеральных форм углерода в почвах России // Углерод в биогеоценозах. Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. XV. М. С. 5-58.

Романенко Г.А., Тютюнников А.И., Сычев В.Г. (2000). Удобрения. Значение, эффективность применения. Справочное пособие. – М.: ЦИНАО. – 371 с.

Романовская А.А. (2006). Органический углерод в почвах залежных земель России // Почвоведение. № 1. С. 52-61.

Романовская А.А. (2008). Основы мониторинга антропогенных эмиссий и стоков парниковых газов (CO_2, N_2O, CH_4) в животноводстве, при сельскохозяйственном землепользовании и изменении землепользования в России: Автореф. дисс. … докт. биол. наук. – М.: – 42 с.

Романовская А.А. (2014) Динамика органического углерода почв при переводе земель в поселения и прочие земли // Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием «Гуминовые вещества в биосфере», 6-10 октября 2014 г. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. С. 31-34.

Романовская А.А., Гитарский М.Л., Карабань Р.Т., Назаров И.М. (2002). Оценка эмиссии закиси азота от неутилизируемой в аграрном секторе страны мортмассы сельскохозяйственных растений. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 18. – СПб.: Гидрометеоиздат. С. 276-286.

Романовская А.А., Карабань Р.Т. (2008). Региональные особенности баланса углерода почв на кормовых угодьях России // Известия РАН. Серия географическая. № 4. С. 96-104.

Романовская А.А., Коротков В.Н., Карабань Р.Т., Смирнов Н.С. (2012). Динамика элементов баланса углерода на неиспользуемых пахотных угодьях Валдайской возвышенности // Экология. № 5. С. 347-352.

Романовская А.А., Коротков В.Н., Смирнов Н.С., Карабань Р.Т., Трунов А.А. (2014). Оценка вклада землепользования в России в антропогенную эмиссию парниковых газов // Метеорология и гидрология. № 3. С. 5-18.

Романовская А.А., Трунов А.А., Коротков В.Н., Карабань Р.Т. Проблема учета поглощающей способности лесов России в Парижском соглашении // Лесоведение. 2018. № 5. С. 323–334.

Росгидромет (1995). Ежегодник качества поверхностных вод РФ. 1994. Обнинск: Гидрохимич. институт. – 581 с.

Росгидромет (1996). Ежегодник качества поверхностных вод РФ. 1995. Обнинск: Гидрохимич. институт. – 662 с.

Росземкадастр (1996). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1995 год. – М.: РУССЛИТ. – 120 с.

Росземкадастр (1997). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1996 год. – М.: РУССЛИТ. – 88 с.

Росземкадастр (1999). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1998 год. – М.: Открытые системы. – 88 с.

Росземкадастр (2002). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2001 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 155 с.

Рослесхоз (1995a). Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. Утверждена приказом Федеральной службой лесного хозяйства России от 15.12.1994 г., № 265. (Зарегистрировано в Минюсте РФ 28.06.1995г., № 887). – М.: – 19 с.

Рослесхоз (1995b). Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда на 1 января 1993 г.). Справочник. – М.: ВНИИЦлесресурс. – 280 с.

Рослесхоз (1997). Инструкция о порядке ведения государственного учета лесного фонда. Утверждена приказом Федеральной службой лесного хозяйства России от 30.05.97 г. № 72. М. 77 с.

Рослесхоз (1999). Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда на 1 января 1998 г.). Справочник. – М.: ВНИИЦлесресурс. – 650 с.

Рослесхоз (2002). Леса России. Пушкино: ВНИИЛМ. – 48 с.

Рослесхоз (2003a). Государственный доклад о состоянии и использовании лесных ресурсов Российской Федерации в 2002 году. – М.: ВНИИЛМ. – 116 с.

Рослесхоз (2003b). Лесное хозяйство России: начало третьего тысячелетия. – М.: ВНИИЛМ. – 176 с.

Рослесхоз (2003c). Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда на 1 января 2003 г.). Справочник. – М.: ВНИИЛМ. – 640 с.

Рослесхоз (2005). Государственный доклад о состоянии и использовании лесных ресурсов Российской Федерации в 2004 году. – М.: ВНИИЛМ. – 82 с.

Рослесхоз (2006). О состоянии и использовании лесных ресурсов Российской Федерации в 2005 году: государственный доклад. – М.: ВНИИЛМ. – 214 с.

Рослесхоз (2007). О состоянии и использовании лесных ресурсов Российской Федерации в 2006 году: государственный доклад. – М.: ВНИИЛМ. – 199 с.

Роснедвижимость (1990). Отчет о наличии земель и распределении их по категориям, угодьям, землевладельцам и землепользователям по состоянию на 1 ноября 1990 года. – М.: – 6 с.

Роснедвижимость (2004). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2003 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 166 с.

Роснедвижимость (2005). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2004 году. М. ФГУП «ФКЦ Земля». – 194 с.

Роснедвижимость (2006a). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2005 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 200 с.

Роснедвижимость (2006b). Земельный фонд РФ на 1 января 2006 года. – М.: ФГУП «ФКЦ «Земля». – 698 с.

Роснедвижимость (2007a). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2006 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 238 с.

Роснедвижимость (2007b). Земельный фонд РФ на 1 января 2007 года. – М.: ФГУП «ФКЦ «Земля» 2007. – 269 с.

Роснедвижимость (2008a). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2007 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 270 с.

Роснедвижимость (2008b). Земельный фонд РФ на 1 января 2008 года. – М.: 2008. Режим доступа: http://www.rosreestr.ru, свободный.

Роснедвижимость (2009a). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2008 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 260 с.

Роснедвижимость (2009b). Земельный фонд РФ на 1 января 2009 года. – М. 2009. Режим доступа: http://www.rosreestr.ru, свободный.

Росреестр (2010a). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2009 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 249с.

Росреестр (2010b). Земельный фонд РФ на 1 января 2010 года. – М.: ФГУП «ФКЦ «Земля». – 710 с. Режим доступа: https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/, свободный.

Росреестр (2011a). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2010 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». 257с.

Росреестр (2011b). Земельный фонд РФ на 1 января 2011 года. – М.: ФГУП «ФКЦ «Земля». 711 с. – Режим доступа: https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/, свободный.

Росреестр (2012a). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2011 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 248 с.

Росреестр (2012b). Земельный фонд РФ на 1 января 2012 года. – М.: ФГУП «ФКЦ «Земля». – 695 с. – Режим доступа: https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/, свободный.

Росреестр (2013a). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2012 году. – М.: 2013, – 252 с.

Росреестр (2013b). Земельный фонд РФ на 1 января 2013 года. – М.: ФГУП «ФКЦ «Земля». – 694 с. Режим доступа: https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/, свободный.

Росреестр (2014). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2013 году. – М.: – 196 с. Режим доступа: https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/, свободный.

Росреестр (2015). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2014 году. – М.: – 224 с. Режим доступа: https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/, свободный.

Росреестр (2021). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2020 году. – М.: – 197 с. Режим доступа: https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii/, свободный.

Росреестр (2016). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2015 году. – М.: – 224 с. Режим доступа:

https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/, свободный.

Росреестр (2017). Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2017 (в разрезе субъектов Российской Федерации). – М.: Росреестр. – 16 с. https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/, свободный.

Росреестр (2018). Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2018 (в разрезе субъектов Российской Федерации). – М.: Росреестр. – 5 с. Режим доступа: https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/, свободный.

Росреестр (2019). Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2019 (в разрезе субъектов Российской Федерации). – М.: Росреестр. – 5 с. Режим доступа: https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/, свободный.

Росреестр (2020). Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2020 (в разрезе субъектов Российской Федерации). – М.: Росреестр. – 5 с. Режим доступа: https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/, свободный.

Российская Федерация (2006). Четвертое национальное сообщение Российской Федерации.

Российская Федерация (2007). Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2005 гг. – М.: – 235 с.

Российская Федерация (2008). Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2006 гг. – М.: – 259 с.

Российская Федерация (2010). Пятое национальное сообщение Российской Федерации. – М.: – 196 с.

Российская Федерация (2011). Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2009 гг. – М.

Росстат (2004). Сельское хозяйство, охота и лесоводство в России. Стат. сборник. – М.: – 78 с.

Росстат (2005-2015). Российский статистический ежегодник. Стат. сборник. – М.

Росстат (2009). Сельское хозяйство, охота и лесоводство в России. 2009: Стат.сб. – М.: – 439 с.

Росстат (2011). Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. 2011: Стат.сб. – М.: – 446 с.

Росстат (2012). Российский статистический ежегодник. 2012: Стат. сборник. – М. 786 с.

Росстат (2013). Российский статистический ежегодник. 2013: Стат. сборник. – М.: – 717 с.

Росстат (2015). Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. 2015: Стат.сб. – М.: – 201 с.

Росстат (2016). Российский статистический ежегодник. 2016: Стат. сборник. – М.: – 725 с.

Сапронов Д.В. (2007). Многолетняя динамика эмиссии CO_2 из серых лесных и дерново-подзолистых почв: автореф. дис. … канд. биол. наук. – М.: – 20 с.

Сидорчук А.Ю., Сидорчук А.А. (1998). Система принятия решения для охраны почв в случае овражной эрозии. // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения. Тез. докл. всероссийской конференции. 16-18 июня 1998 г. Т. 2. – М.: С. 39-42.

Сирин А.А., Минаева Т.Ю. и другие. (2001). Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации //- М.: Геос.-190с.

Смирнов В.Н. (1954). К вопросу о биологической активности почв под лесами южной части таежной зоны // Труды Института леса АН СССР. Т. 32. С. 267-276.

Смирнов П.М., Муравин Э.А. (ред.) (1984). Агрохимия. – М.: Колос. – 304 с.

Соколов А.В., Розов Н.Н. (1976). Почвенно-агрохимическое районирование территории СССР // Агрохимическая характеристика почв СССР. Т. 15. С. 5-16.

Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы) / Швиденко А.З., Щепащенко Д. Г., Нильссон С. и Булуй Ю.И. Издание второе, дополненное. – М.: Рослесхоз; Международный институт прикладного системного анализа, 2008. – 886 с.

Титлянова А.А., Булавко Г.И., Кудряшова С.Я., Наумов А.В., Смирнов В.В., Танасиенко А.А. (1998). Запасы и потери органического углерода в почвах Сибири // Почвоведение. № 1. С. 51-59.

Титлянова А.А., Кудряшова С.Я., Косых Н.П., Шибарева С.В. (2005). Биологический круговорот углерода и его изменение под влиянием деятельности человека на территории Южной Сибири // Почвоведение. № 10. С. 1240-1250.

Титлянова А.А., Тесаржова М. (1991). Режимы биологического круговорота. Новосибирск: Наука. – 150 с.

Трофимова Т.А. (1989). Влияние различных обработок на показатели биологической активности чернозема обыкновенного // Почвозащитная обработка и рациональное применение удобрений. Каменная степь. С. 46-49.

Тюлин В.В., Кузнецов Н.К. (1971) Содержание углекислого газа в почвенном воздухе и дыхание дерново-подзолистых почв // Труды Кировского с-х ин-та (агрохимия). Киров. С. 280-289.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В., Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. (2001) Леса России как резервуар органического углерода биосферы // Лесоведение. № 5. С. 8-23.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. (2003) Методы определения депонирования углерода фитомассы и нетто-продуктивности лесов (на примере Республики Беларусь) // Лесоведение. № 1. С. 48-57.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В. (2004) Углеродные пулы фитомассы, почв и депонирование углерода в еловых лесах России // Хвойные бореальной зоны. Теоретический и научно-практический журнал. Вып. 2. С. 21-30.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В., Коровин Г.Н. Пулы углерода фитомассы и почв в лесном фонде республики Саха (Якутия) // География и природные ресурсы. 2005. № 1. С. 95-103.

Филиппов Г.В. (1975). О макроструктуре таксационных участков // Сб. научн. тр. ЛенНИИЛХ. Вып. 22. Л. С. 38-44.

Филипчук А.Н., Страхов В.В., Борисов В.А. и др. (2000). Краткий национальный очерк о секторе лесного хозяйства и лесных товаров: Российская Федерация // Серия документов по сектору лесного хозяйства и лесной промышленности. Т. 18. Нью-Йорк, Женева: ООН. – 94 с.

ЦСУ РСФСР (1962). Народное хозяйство РСФСР в 1961 г.: Стат. ежегодник. М.: Госстатиздат. – 624 с.

ЦСУ РСФСР (1965). Народное хозяйство РСФСР в 1963 г.: Стат. ежегодник. – М.: Статистика. – 600 с.

ЦСУ РСФСР (1966). Народное хозяйство РСФСР в 1965 г.: Стат. ежегодник. – М.: Статистика. – 616 с.

ЦСУ РСФСР (1970). Народное хозяйство СССР в 1969 г.: Стат. ежегодник. – М.: Статистика. – 468 с.

ЦСУ РСФСР. (1976). Народное хозяйство РСФСР в 1975 году. Статистический ежегодник. – М.: Статистика. – 519 с.

ЦСУ РСФСР (1981). Народное хозяйство РСФСР в 1980 г.: Стат. ежегодник. – М.: Госстатиздат. – 406 с.

ЦСУ РСФСР (1986). Народное хозяйство РСФСР в 1985 г.: Стат. ежегодник. – М.: Финансы и статистика. – 398 с.

ЦЭПЛ РАН (2008). Отчет о научно-исследовательской работе (итоговый) по Государственному контракту №МГ-04-06/65К от 3 июля 2007г. «Методическое обеспечение лесохозяйственной деятельности и регулярных оценок эмиссии и стоков углерода лесами в условиях выполнения Российской Федерацией обязательств по Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Киотскому протоколу» Этап 4. «Проведение количественной оценки эмиссии и стока атмосферного углерода в управляемых лесах и при лесоразведении». – М.: ЦЭПЛ РАН. – 149 с.

Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. (1999) Распределение запасов органического углерода в почвах лесов России // Лесоведение. № 2. С. 13-21.

Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. (2004). Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России //Лесоведение. № 4. С. 30-42.

Честных О.В., Лыжин В.А., Кокшарова А.В. (2007). Запасы углерода в подстилках лесов России // Лесоведение. № 6. С. 114-121.

Чимитдоржиева Г.Д., Егорова Р.А., Андрианова Л.В., Гомбоева Б.Б. (1990). Минерализационные потери органического вещества при применении нетрадиционных удобрений. // Экол. оптимиз. агролесоландшафтов бассейна оз. Байкал. АН СССР. Улан-Удэ: Бурят. Науч. Центр, Ин-т биологии. С. 164-173.

Шильников И.А., Ермалаев С.А., Аканова Н.И. (2006). Баланс кальция и динамика кислотности пахотных почв в условиях известкования. – М.: ВНИИА. – 150 с.

Шпаков А.П., Назаров В.К., Певзнер И.Л. и др. (ред.) (1991). Кормовые нормы и состав кормов: Справочное пособие. Минск: Ураджай. – 384 с.

Akagi S.K., Yokelson R.J., Wiedinmyer C., Alvarado M.J., Reid J.S., Karl T., Crounse J.D. and Wennberg P.O. (2011). Emission factors for open and domestic biomass burning for use in atmospheric models //Atmos. Chem. Phys. 11. P. 4039-4072.

Coleman K., Jenkinson D.S. (1996). Roth C. – A Model for the turnover of carbon in soil. // Evaluation of Soil Organic Matter Models. Ed. by Powlson D.S., Smith P., Smith J.U. Berlin, Heidelberg: Springel – Verlag. NATO ASI Series. V. 138. P. 237-246.

Hong-Kong Observatory (2003). 1961-1990 Global Climate Normals. National Climatic Data Centre of the United States. WMO. Available at: http://www.hko.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/europe/russia/russia_e.htm.

Inoko A. (1985). Evaluation of maturity of various composted materials // JARQ. Vol. 19, № 2. P. 103-108.

IPCC (2013). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland. Available at http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/index.html

IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Edited by Eduardo Calvo Buendia, Kiyoto Tanabe, Andrej Kranjc, Baasansuren Jamsranjav, Maya Fukuda, Sekai Ngarize, Akira Osako, Yurii Pyrozhenko, Pavel Shermanau and Sandro Federici. Published: IPCC, Switzerland. Available at https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html

Food and Agriculture Organization (2017). FAOSTAT Forestry data. Web site http://faostat.fao.org/

Jenkinson D.S. (1990). The turnover of organic carbon and nitrogen in soil //Philosophical transactions of the Royal Society. 1990. V. B329. P. 361-368.

Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y. (2014) Carbon cost of collective farming collapse in Russia // Global Change Biology. 20. P. 938–947. – doi: 10.1111/gcb.12379

Nilsson S., Shvidenko A., Stolbovoi V., Gluk M., Jonas M., Obersteiner M. (2000). Full carbon account for Russia. Interim report IR-00-021. Austria: IIASA. 181p. Available at http://www.iiasa.ac.at/Publications/Documents/IR-00-021.pdf

Rochette P., Desjardins R.L., Gregorich E.G., Pattey E., Lessard R. (1992). Soil respiration in barley (*Hordeum vulgare* L.) and fallow fields // Canad. J. Soil Sc. V. 72, № 4. P. 591-603.

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

Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Usoltsev V., Lakyda P., Luo Y., Vasylyshyn R., Lakyda I., Myklush Y., See L., McCallum I., Fritz S., Kraxner F., Obersteiner M. (2017) A dataset of forest biomass structure for Eurasia // Scientific Data. – V. 4, Article number: 170070. https://doi.org/10.1038/sdata.2017.70

Schepaschenko D., Moltchanova E., Shvidenko A., Blyshchyk V., Dmitriev E., Martynenko O., See L., Kraxner F. (2018) Improved Estimates of Biomass Expansion Factors for Russian Forests // Forests. – 9, 312. P. 1-23. – https://doi.org/10.3390/f9060312

Thomas S.C., Martin A.R. Carbon Content of Tree Tissues: A Synthesis // Forests. – 2012. – 3. P. 332-352. – https://doi.org/10.3390/f3020332

Литература и источники данных к разделу 7

Абрамов Н.Ф., Борисов Ю.А., Воробьев В.А. (1991). Отчет по теме: «Предварительная оценка величины эмиссии метана и углекислого газа в атмосферу от свалок твердых отходов, прогноз на 2000 – 2010 г.», – М.: Академия коммунального хозяйства, – 70 с.

Абрамов Н.Ф., Суворов В.Н., Борисов Ю.А. (1992). Отчет по теме: «Оценка и сравнительный анализ интенсивности антропогенной эмиссии метана с полигонов твердых и жидких бытовых отходов на территории России», – М.: Академия коммунального хозяйства, – 80 с.

АО «Мосводоканал» (2018). Годовой отчет АО «Мосводоканал» за 2017 год.: - М., Утвержден решением единственного акционера АО «Мосводоканал» от 22 июня 2018 г.

Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н. (2008). Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения» – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.agroatlas.ru - Загл. с экрана. – Яз. рус.

Бюро НДТ. (2015a). ИТС 1-2015. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона. – М.: 465 с.

Бюро НДТ. (2015b). ИТС 10-2015. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. 2015. – М.: 377 с.

Васильев Б.В., Григорьева Ж.Л. (2006). Обработка и утилизация осадков сточных вод в Санкт-Петербурге. Водоснабжение и санитарная техника, № 9, ч. 1, с. 58-62.

Волынкина Е.П., Зайцева Т. Н. (2010). Инвентаризация полигонов и свалок КТО в России и оценка их метанового потенциала. ЭКиП: Экология и промышленность России. – №1. с. 30-31.

Воронов Ю. В. (2006). Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. – 704 с.: ил.

Госкомстат Росии. (1999). Российский статистический ежегодник 1998. Статистический сборник. – М.: ЗАО «Московский издательский дом», – 813 с.

Госкомстат России (1998). Социальное положение и уровень жизни населения России 1998. Статистический сборник. – М, 440 с.

Госсанэпиднадзор РФ. (2003) СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. – М.: Деан, – 32 с.

Госстрой СССР. (1986). СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.

Госстрой СССР. (1989). СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений", утв. Постановлением Госстроя СССР от 16.05.1989 N 78.

Государственная Дума РФ. (1999). Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха". "Собрание законодательства РФ", 03.05.1999, № 18, ст. 2222, "Российская газета", № 91, 13.05.1999.

Гуляева И.С., Дьяков М.С., Савинова Я.Н., Русакова В.А., Глушанкова И.С. (2012). Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений. Вестн. ПНИПУ. Охрана охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – Пермь, 2012. – № 2. – С. 18-32.

Гурвич В. И. (2001). Гурвич В. И., Лифшиц А. Б. Добыча и утилизация свалочного газа (СГ) самостоятельная отрасль мировой индустрии / Энергоэффективность. 2001. № 04 (42). С. 25-31.

Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. (1991). Метантенки. – М.: Стройиздат, – 128 с.

Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. (1996). Отчет по теме: «Определение количества и характеристик бытовых и промышленных (от различных отраслей хозяйства) сточных вод для оценки эмиссии CH_4 в атмосферу и утилизации биогаза, образующегося при обработке сточных вод в России» НПФ «БИФАР» – М.

ЕМИСС (2021). Единая межведомственная информационно – статистическая система. Электрон. дан. – Режим доступа: https://www.fedstat.ru/, открытый.

Зайдель А.Н. (1985). Погрешности измерений физических величин. – Л.: Наука, 112 с.

Масленников А.Ю. (2006). Мусоросортировочные предприятия. Справочник. Москва, 2006. -127 с.

МГЭИК. (2000). Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов. МГЭИК, Хайяма.

МГЭИК. (2006). Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Т. 1-5. 2006. – МГЭИК, Хайяма.

Минжилкомхоз РСФСР, АКХ им. К.Д. Памфилова. (1989). Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов, – М.: АКХ им. Памфилова.

Минздрав России (1997). СанПиН 2.1.7.573-96 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, -54 с.

Минздрав России. (2001). СП 2.1.7.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. – М.: Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 33.

Минздрав СССР. (1978). Методические указания по санитарной охране водоемов от загрязнения сточными водами целлюлозно-бумажной промышленности – М.

Минрегион России. (2012a). СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99». – М.: 124 с.

Минрегион России. (2012b). СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ФАУ «ФЦС», – 106 с.

Минрегион РФ. (2010). СП 42.13330.2011. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 N 820.

Минстрой России. (2016). СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Утв. Приказом Минстроя России от 30.12.2016 N 1034/пр

Мирный А.Н., Абрамов Н.Ф. и др. (2005). Справочник. Санитарная очистка и уборка населенных мест. Под ред. А.Н. Мирного, Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова, – М.: – 315 с.

Мирный А.Н., Абрамов Н.Ф., Беньямовский Д.Н. и др. (1990). Справочник. Санитарная очистка и уборка населенных мест. Под ред. А.Н. Мирного. – 2-е изд., перераб. и доп., – М.: Стройиздат, – 413 с.

Мирный А.Н., Беньямовский Д.Н. и др. (1985). Справочник. Санитарная очистка и уборка населенных мест. Под ред. А.Н. Мирного. – М.: Стройиздат. – 245 с.

Мирный А.Н., Скворцов Л.С. (1997). Экология и промышленность России, №3, с. 41-43.

Мирный А.Н., Скворцов Л.С., Пупырев Е.И. и др. (2010). Справочник. Санитарная очистка и уборка населенных мест. – М.: Акад. коммун. хоз-ва им. К.Д. Памфилова. – 367 с.

Мирный А.Н., Скворцов Л.С., Пупырев Е.И., Корецкий В.Е. (2007). Коммунальная экология. Энциклопедический справочник. – М., Прима-Пресс Экспо, – 806 с.

ОАО «Архангельский ЦБК». (2013). Отчет о выбросах парниковых газов за 2012 год.

ОНФ (2018). Генеральная уборка. Интерактивная карта свалок. Электрон. дан. – Режим доступа: http://kartasvalok.ru, открытый.

Пурим В.Р. (2002). Бытовые отходы. Теория горения. Обезвреживание. Топливо для энергетики. – М., Энергоатомиздат, – 112 с.

Роспотребнадзор (2006). Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2005 году», -М., - 304 с.

Росприроднадзор (2018). Государственный реестр объектов размещения отходов. Электрон. дан. – Режим доступа: http://rpn.gov.ru/opendata/7703381225-groro, открытый.

Росстат (2004a). Российский статистический ежегодник 2004. Статистический сборник – М., ИИЦ «Статистика России», – 725 с.

Росстат (2004b). Социальное положение и уровень жизни населения России. Стат. сб. 2004, – М., ИИЦ «Статистика России».

Росстат (2007). Российский статистический ежегодник 2007. Статистический сборник – М., ИИЦ «Статистика России».

Росстат (2010a). Российский статистический ежегодник. 2010: Стат.сб./Росстат. - Р76 ИИЦ «Статистика России», М., 2010. – 813 с.

Росстат (2010b). Социальное положение и уровень жизни населения России. Стат. сб. 2010, – М., ИИЦ «Статистика России».

Росстат (2013). Российский статистический ежегодник. 2013: Стат.сб./Росстат. - Р76 ИИЦ «Статистика России», М., 2013. – 717 с.

Росстат (2015). Российский статистический ежегодник. 2015: Стат.сб./Росстат. - Р76 ИИЦ «Статистика России», М., 2015. – 728 с.

Росстат (2017b). Приказ от 21.08.2017 N 541 "Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за деятельностью предприятий" – Электрон. дан. – Режим доступа: ИСС «Консультант» http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_223405/- Загл. с экрана. – Яз. рус.

Росстат (2017c). Российский статистический ежегодник. 2017: Стат.сб./Росстат. - ИИЦ «Статистика России», М., 2017 – 686 с.

Росстат (2019). Российский статистический ежегодник. 2019: Стат.сб./Росстат. - М., 2019 – 708 с.

Росстат (2020). Российский статистический ежегодник. 2020: Стат.сб./Росстат. - М., 2020 – 700 с.

Росстат (2021). Российский статистический ежегодник. 2021: Стат.сб./Росстат. – М., 2021 – 692 с.

Рублевская О.Н. (2010). Доклад: «Технологии и методы обработки осадка сточных вод». Второй Международный Форум «Чистая вода - 2010», -М.

Сараев В. (2007). Непокоренная клоака // Эксперт. - 2007. - N 32. - С. 62-70.

Сергушкин А. (2012). Новые технологии на полигоне «Преображенка»/ Областной журнал «Самара и Губерния», номер 4 -2012 (декабрь) – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.sgubern.ru/articles/6458/?sphrase_id=424463 - Загл. с экрана. – Яз. рус.

Систер В.Г., Мирный А. Н., Скворцов Л. С. и др. (2001). Справочник. Твердые бытовые отходы: сбор, транспорт и обезвреживание. – М., Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова. – 319 с.

Сперанская О., Цитцер О. (2004). Стойкие органические загрязнители: обзор ситуации в России. – М. IPEP, 2004. - 45 с.

Тимонин А.С (2003). Инженерно-экологический справочник. Том 3. Калуга, Издательство Н. Бочкаревой. - 1024 с.

ФАО (2021) Продовольственная и сельскохозяйственная организация Организации Объединенных Наций. База статистических данных FAOSTAT. Электрон. дан. – Режим доступа: http://faostat.fao.org, открытый.

ЦСУ РСФСР. (1966). Народное хозяйство РСФСР в 1965 году. Статистический ежегодник. – М., Статистика.

ЦСУ РСФСР. (1971). Народное хозяйство РСФСР в 1970 году. Статистический ежегодник. – М., Статистика, – 468 с.

ЦСУ РСФСР. (1976). Народное хозяйство РСФСР в 1975 году. Статистический ежегодник. – М., Статистика.

ЦСУ РСФСР. (1981). Народное хозяйство РСФСР в 1980 году. Статистический ежегодник. – М., Статистика, – 406 с.

ЦСУ РСФСР. (1986). Народное хозяйство РСФСР в 1985 году. Статистический ежегодник. – М., Статистика, – 398 с.

ЦСУ РСФСР. (1991). Народное хозяйство РСФСР в 1990 году. Статистический ежегодник. – М., Статистика, – 592 с.

FCCC (2003). Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, Part I: UNFCCC reporting guidelines on annual greenhouse gas inventories. Decision 24/CP.19 Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention. Annex I., FCCC, Conference of the Parties, 2003.

United Nations Environment Programme (2006). Potential Evapotranspiration. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://geodata.grid.unep.ch/- Загл. с экрана. – Яз. англ.

Литература и источники данных к разделу 10

Аналитический центр при правительстве РФ (2020). Статистический сборник ТЭК России – 2019., - М. - 62 с. Режим доступа: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/TEK_annual/TEK.2019.pdf, свободный.

ГК «Росатом» (2020). Итоги деятельности за 2019 год., М. - 294 с. Режим доступа: https://www.rosatom.ru/upload/iblock/033/03395b2a9751b4fcd385d746a2f9df15.pdf, свободный.

ОК РУСАЛ (2020). Годовой отчет за 2019 год, - 260 с. Режим доступа: https://rusal.ru/upload/iblock/a80/a80d85131b9767b1a6eabbe0ab40bae8.pdf, свободный.

ПАО «Газпром» (2020). Отчет руководства за 2019 год. – М., - 79 с. Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/77/885487/2019-mgt-report-ru.pdf, свободный.

ПАО «Интер РАО» (2020). Отчёт в области устойчивого развития и экологической ответственности за 2019 год. - М., - 367 с. Режим доступа: https://www.interrao.ru/upload/InterRAO_AR19_RUS.pdf, свободный.

Росстат (2021). Российский статистический ежегодник. 2021 Стат.сб. – М. – 692 с.