



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДОКЛАД

О КАДАСТРЕ

**антропогенных выбросов из источников
и абсорбции поглотителями
парниковых газов
не регулируемых Монреальским протоколом
за 1990 – 2016 гг.**

Часть 1

Москва 2018

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 Управлением специальных и научных программ Росгидромета. Оценки выбросов и абсорбции парниковых газов, методическое руководство, подготовка и редактирование доклада выполнены ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН».

Федеральные органы исполнительной власти, принимавшие участие в разработке доклада:
*Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России);
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет);
Министерство образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России);
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России);
Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России);
Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз);
Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация);
Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр);
Федеральная служба государственной статистики (Росстат);
Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор);
Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор);
Федеральная таможенная служба (ФТС России).*

При разработке доклада были использованы материалы, предоставленные следующими организациями:

ФГБУН «Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН», Объединенная компания РУСАЛ», АО «Концерн Росэнергоатом», АО «Воркутауголь», АО «Завод по термической обработке твердых бытовых отходов», АО «Завод по переработке твердых бытовых отходов», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», МУПВ «Спецзавод №1», ОАО «Волжский абразивный завод», ООО «Литвинчук Маркетинг», ООО «Завод электроагрегатного машиностроения СЭПО-ЗЭМ», СПб ГУП «Завод МПБО-2».

Авторы-составители:

Романовская А.А., д.б.н., Нахутин А.И., к.ф.-м.н., Гитарский М.Л., д.б.н., Гинзбург В.А., к.г.н., Вертянкина В.Ю., Говор И.Л., Грабар В.А., к.б.н., Имшенник Е.В., к.г.н., Карабань Р.Т., к.с.-х.н., Коротков В.Н., к.б.н., Лытов В.М., Полумиева П.Д., Трунов А.А., Уварова Н.Е., к.г.н., Прохорова Л.А.

Контактные данные уполномоченных федеральных органов власти и организаций

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

Москва, Д-242, ГСП-3, 125993, Нововаганьковский переулок, д. 12

Тел.: +7 499 252-5504; +7 499 252-9484

Факс: +7 499 795-2354

Электронная почта: garkina@mcc.mecom.ru

***Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального
климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды и Российской академии наук»
(ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»)***

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

Тел.: +7 499 169-2411

Электронная почта: fgbuigce@igce.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Резюме.....	5
P.1 Общие сведения об изменении климата и кадастрах парниковых газов.....	5
P.2 Тенденции изменения выбросов и абсорбции парниковых газов.....	7
P.3 Оценки величин и тенденций изменения выбросов и абсорбции парниковых газов по секторам кадастра.....	9
1. Введение	11
1.1 Общие сведения об изменении климата и кадастрах парниковых газов.....	11
1.2 Организация и разработка национального кадастра Российской Федерации.....	14
1.3 Общее описание методологий и источников данных.....	19
1.4 Анализ ключевых категорий.....	20
1.5 Общая оценка неопределенности.....	20
1.6 Общая оценка полноты.....	20
2. Тенденции изменения выбросов и абсорбции парниковых газов	21
2.1 Тенденции совокупных выбросов парниковых газов.....	21
2.2 Тенденции выбросов по секторам	23
3. Энергетика (Сектор 1 ОФД).....	25
3.1 Обзор по сектору.....	25
3.2 Сжигание топлива (1.A)	26
3.3 Выбросы от утечек и испарения топлив (1.B).....	69
4. Промышленные процессы и использование продукции (Сектор 2 ОФД).....	92
4.1 Обзор по сектору.....	92
4.2 Производство минеральных материалов (2.A).....	93
4.3 Химическая промышленность (2.B).....	102
4.4 Металлургия (2.C).....	118
4.5 Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива.....	128
4.6 Электронная промышленность.....	132
4.7 Использование фторированных заменителей ОРВ.....	135
4.8 Производство и использование других продуктов	146
4.9 Другие производства (2.H).....	149
5. Сельское хозяйство (Сектор 3 ОФД)	153
5.1 Обзор по сектору.....	153
5.2 Методология сбора данных о деятельности по сектору сельского хозяйства	155
5.3 Выбросы при внутренней ферментации сельскохозяйственных животных (3A).....	156
5.4 Выбросы CH_4 от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета (3B1).....	169
5.5 Выбросы N_2O от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета (3B2).....	174
5.6 Рисоводство (3C).....	183
5.7 Прямые выбросы от сельскохозяйственных земель (3D1).....	185
5.8 Косвенные выбросы от сельскохозяйственных земель (3D2)	203
5.9 Контролируемое сжигание растительных остатков (3F).....	204
5.10 Выбросы от известкования, внесения мочевины и других углеродсодержащих удобрений (3.G-I)	206
5.11 Неопределенность оценок выбросов.....	207
5.12 Обеспечение и контроль качества	210
5.13 Пересчеты и планируемые усовершенствования.....	210

6. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (Сектор 4 ОФД)	213
6.1 Обзор по сектору	213
6.2 Определение категорий землепользования и разработка матрицы земель	216
6.3 Информация о подходах и исходных данных, используемых для согласованного представления земель и разработки матрицы преобразований в землепользовании	219
6.4 Характеристика выбросов по подкатегориям	222
7. Отходы (Сектор 5 ОФД)	375
7.1 Обзор по сектору	375
7.2 Захоронение твердых отходов на свалках и полигонах (5.A)	376
7.3 Биологическая обработка твердых отходов (5.B.)	387
7.4 Выбросы от сжигания отходов (5.C)	389
7.5 Очистка бытовых сточных вод (5.D.1)	393
7.6 Очистка промышленных сточных вод (5.D.2)	400
8. Прочие (Сектор 6 ОФД)	407
9. Пересчеты и усовершенствования	408
9.1 Объяснение и обоснование пересчетов	408
9.2 Влияние на уровни выбросов	408
9.3 Влияние на тренды и согласованность временных рядов	408
9.4 Планируемые усовершенствования	409
10. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола	410
10.1 Информация о российской системе оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов	410
10.2 Информация о деятельности российского реестра углеродных единиц в 2016 году	411
10.3 Дополнительная информация о деятельности в области землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства согласно статьям 3.3 и 3.4	411
10.4 Сведение к минимуму неблагоприятных последствий в соответствии с пунктом 14 статьи 3 Киотского протокола	437
Литература и источники данных	440

РЕЗЮМЕ

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 времени¹. При этом такой «конкретной территорией» может быть, как отдельный регион, или даже населенный пункт, так и целый континент или весь земной шар. Приведенное определение климата содержит довольно расплывчатое указание на срок наблюдений. Он не должен быть слишком коротким, поскольку тогда изменениями климата пришлось бы признать и смену времен года, и единичный аномально жаркий (или холодный) год. С другой стороны, использование слишком длительного промежутка времени, например, столетия, тоже вряд ли возможно хотя бы из-за отсутствия разветвленной сети метеорологических станций, производивших по всему миру каждодневные наблюдения в течение такого срока. 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 суши и океаном, в результате чего количество уходящего в космос излучения оказывается меньшим, чем оно было бы в отсутствие поглотителей в атмосфере². Существование природного (не связанного с деятельностью человека) парникового эффекта приводит к тому, что средняя глобальная температура воздуха у земной поверхности равна примерно плюс 14°C, в то время как в отсутствие парникового эффекта она была бы равна минус 19°C. Основной вклад в природный парниковый эффект вносит водяной пар.

Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (2013-2014 гг.) констатирует, что, с вероятностью более 95%, влияние человека было доминирующей причиной потепления, наблюдаемого с середины XX в. Согласованность наблюдаемых и расчетных изменений во всей климатической системе указывает на то, что наблюдаемые изменения климата вызваны в первую очередь увеличением атмосферных концентраций парниковых газов, происходящим вследствие хозяйственной деятельности человека.

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°C на Северном Кавказе до -16÷-14°C в Республике Саха (Якутия).

¹ Существуют и другие определения климата, несколько отличающиеся от 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)

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. 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 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 обуславливают многочисленные и, зачастую, важные – отрицательные и положительные – последствия для природных и хозяйственных систем, а также для населения страны.

Российская Федерация является страной, входящей в приложение I РКИК ООН и в приложение «В» Киотского протокола. В соответствии со своими обязательствами по статьям 4 и 12 РКИК ООН, Российская Федерация разрабатывает, периодически (в настоящее время – ежегодно) обновляет, публикует и представляет Конференции Сторон РКИК ООН через секретариат РКИК ООН 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». Методической основой для выполнения оценок выбросов и абсорбции парниковых газов, включенных в кадастр, являлись методологические руководства (доклады), разработанные Межправительственной группой экспертов по изменению климата, частично дополненные отечественными методическими разработками.

В состав представляемых в РКИК ООН материалов кадастра входит Национальный доклад о кадастре (НДК) и электронные таблицы Общего формата данных (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 А к Киотскому протоколу – диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), закиси азота (N_2O), гидрофторуглеродов (ГФУ), перфторуглеродов (ПФУ), гексафторида серы (SF_6) и трифторида азота, а также газов с косвенным парниковым эффектом – окислов азота (NO_x) окиси углерода (CO), и диоксида серы (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 РФ отсутствует хозяйственная или иная деятельность, приводящая к выбросам/абсорбции. Для некоторых видов деятельности оценки выбросов приведены в категориях, отличных от предусмотренных классификацией МГЭИК, что связано со специфическими особенностями исходных данных о деятельности, используемых для выполнения оценок выбросов.

В кадастре содержатся оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов для всей территории Российской Федерации. Природные (неантропогенные) выбросы и абсорбция в кадастре не учитываются. Более подробная информация о полноте охвата отдельных категорий источников по секторам МГЭИК приведена в соответствующих разделах настоящего доклада.

Для пересчета выбросов парниковых газов в эквивалент диоксида углерода (CO_2 -экв.) использовались 100-летние потенциалы глобального потепления МГЭИК.

Раздел 10 настоящего доклада содержит дополнительную информацию, представление которой в ежегодных кадастрах предусмотрено статьей 7 и соответствующими решениями Совещания Сторон Киотского протокола.

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 48,4% с учетом сектора ЗИЗЛХ, и на 29,2% – без его учета).

С 1990 по 1998 гг. в Российской Федерации происходило затронувшее все секторы уменьшение совокупного выброса парниковых газов, связанное с отрицательной динамикой экономической ситуации и структурными изменениями в национальной экономике. В последующие годы, в период экономического роста 1999 – 2008 гг., наблюдалось устойчивое увеличение выбросов. В 2009 г., под влиянием экономического кризиса, выбросы сократились по сравнению с предыдущим годом, но в 2011 и 2012 гг. рост выбросов возобновился. В 2013 г. совокупный выброс парниковых газов вновь сократился (на 2,2% по отношению к предыдущему году, без учета сектора ЗИЗЛХ). В 2014-2015 гг. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ оставался почти неизменным (увеличение на 0,2% по отношению к предыдущему году в 2014 г. и на 0,4% по отношению к предыдущему году в 2015 г.). В 2016 г. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ увеличился на 0,5% по отношению к предыдущему году.

Основными драйверами изменения выбросов в Российской Федерации являются общие тенденции развития экономики (интегральным показателем которых является изменение ВВП), изменение структуры ВВП, изменение энергоэффективности, а также общей эффективности экономики Российской Федерации, изменение структуры топливного баланса. Определенный вклад в динамику выбросов вносят общий тренд и межгодовые колебания температуры воздуха на территории РФ, оказывающие влияние на выбросы опосредованно, через изменение энергопотребления.

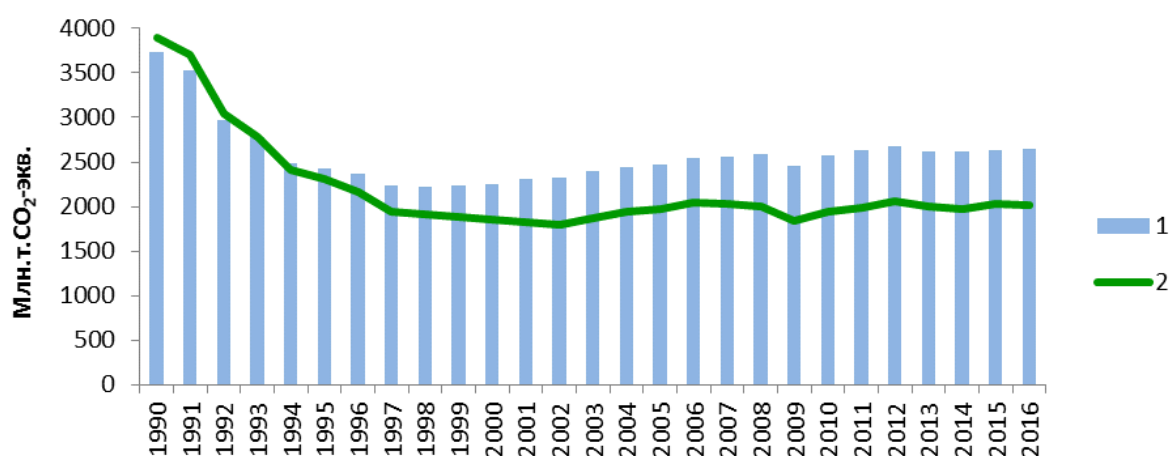


Рисунок Р.1 – Совокупные антропогенные выбросы парниковых газов в Российской Федерации, без учета (1) и с учетом (2) землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства

Таблица Р.1

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

Сектор	Год														
	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO ₂ без учета ЗИЗЛХ	2571,2	1640,3	1499,6	1588,7	1648,7	1647,7	1679,8	1572,4	1657,6	1712,4	1726,1	1666,0	1667,1	1671,9	1668,1
CO ₂ с учетом ЗИЗЛХ	2698,0	1487,6	1062,1	1052,9	1108,3	1080,6	1056,7	900,2	993,0	1028,9	1076,5	1022,4	978,4	1031,0	997,2
CH ₄ без учета ЗИЗЛХ	922,0	634,3	611,8	764,0	779,1	790,9	792,1	775,4	800,3	814,2	824,7	827,5	832,0	838,8	856,4
CH ₄ с учетом ЗИЗЛХ	943,4	653,2	632,3	786,5	804,6	815,6	817,7	801,1	823,2	837,1	847,3	848,6	854,9	861,7	879,3
N ₂ O без учета ЗИЗЛХ	188,7	118,3	100,3	91,9	92,0	92,2	90,4	91,8	97,3	92,8	96,7	90,9	91,8	92,2	91,0
N ₂ O с учетом ЗИЗЛХ	199,3	132,6	115,9	108,8	111,1	110,7	109,6	115,1	109,4	104,9	108,8	102,5	104,7	107,2	104,5
ГФУ	35,9	15,4	26,6	19,8	18,0	16,9	17,9	12,6	13,5	11,3	17,9	21,8	24,8	22,4	23,6
ПФУ	15,1	13,5	9,9	6,3	5,5	5,0	4,8	3,3	3,6	3,3	3,3	3,4	3,0	3,5	3,7
SF ₆	1,4	0,6	0,9	1,5	1,6	1,6	1,1	1,1	1,0	0,8	5,6	5,2	1,2	1,1	1,1
NF ₃	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего, без учета ЗИЗЛХ	3734,3	2422,4	2249,1	2472,2	2544,9	2554,3	2586,1	2456,6	2573,2	2634,9	2674,2	2614,9	2620,0	2629,9	2643,8
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	3893,1	2303,0	1847,6	1975,9	2049,1	2030,4	2007,8	1833,4	1943,7	1986,4	2059,4	2004,0	1967,1	2026,8	2009,4
Всего, без учета ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов	3734,3	2422,4	2249,1	2472,2	2544,9	2554,3	2586,1	2456,6	2573,2	2634,9	2674,2	2614,9	2620,0	2629,9	2643,8
Всего, с учетом ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов	3893,1	2303,0	1847,6	1975,9	2049,1	2030,4	2007,8	1833,4	1943,7	1986,4	2059,4	2004,0	1967,1	2026,8	2009,4

Таблица Р.2

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

Сектор	Год														
	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Энергетика	3045,2	1947,1	1813,9	2037,2	2103,8	2109,2	2147,8	2043,0	2137,9	2199,2	2213,9	2153,0	2152,6	2162,1	2175,4
Пром. процессы и использование продукции	283,5	182,7	196,3	207,6	214,6	215,6	207,4	180,7	196,9	200,2	216,4	220,6	220,8	218,8	218,5
Сельское хозяйство	324,5	211,0	155,6	138,2	135,7	136,9	136,5	136,7	140,2	134,5	140,3	134,8	136,1	135,8	134,2
ЗИЗЛХ	158,8	-119,4	-401,5	-496,3	-495,8	-523,9	-578,3	-623,2	-629,5	-648,5	-614,9	-610,9	-652,9	-603,0	-634,5
Отходы	81,2	81,6	83,3	89,2	90,8	92,6	94,4	96,2	98,2	101,0	103,7	106,5	110,5	113,3	115,8
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	3893,1	2303,0	1847,6	1975,9	2049,1	2030,4	2007,8	1833,4	1943,7	1986,4	2059,4	2004,0	1967,1	2026,8	2009,4

Р.3 Оценки величин и тенденций изменения выбросов и абсорбции парниковых газов по секторам кадастра

В таблице Р.2 представлены данные о выбросах и абсорбции парниковых газов в Российской Федерации с разбивкой по секторам кадастра³, 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	Отходы		
Последний год по отношению к предпоследнему	0,6	-0,1	-1,2	5,2	2,2	0,5	-0,9
Последний год по отношению к 1990г.	-28,6	-22,9	-58,6	-499,6	42,7	-29,2	-48,4

Распределение выбросов по секторам в охватываемом кадастром периоде времени изменилось не очень существенно (табл. Р.4). Доминирующую роль в совокупном выбросе продолжают играть выбросы энергетического сектора. Уменьшился вклад сельского хозяйства. В противоположность другим секторам, выбросы, связанные с отходами, демонстрируют постоянный рост и значительно превысили уровень базового года (табл. Р.3), вследствие чего вклад сектора «Отходы» в совокупный выброс заметно увеличился.

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, охватываемый кадастром	82,3	8,2	5,1	4,4	100,0
1990 г.	81,5	7,6	8,7	2,2	100,0

³ Термины «энергетика», «промышленные процессы», «использование растворителей и другой продукции», «сельское хозяйство» и «отходы», используемые в настоящем докладе, соответствуют определениям МГЭИК и не совпадают с традиционно употребляемыми в Российской Федерации определениями секторов (отраслей) экономики. В частности, к энергетическому сектору по классификации МГЭИК относятся – независимо от того в каких отраслях экономики они происходят, – сжигание всех видов топлива для получения энергии, а также потери газообразных топливных продуктов в атмосферу в виде технологических выбросов, утечек и сжигания в факелах.

Динамика выбросов и абсорбции парниковых газов, связанных с землепользованием, изменениями в землепользовании и лесным хозяйством, определяется следующими факторами:

- уменьшением выброса от пахотных земель (обусловленным сокращением площадей пахотных земель, увеличением средней урожайности большинства культурных растений в последние годы, и, в основном, снижением уровня микробного дыхания пахотных почв в результате низких доз внесения органических удобрений);
- увеличением поглощения на территории управляемых лесов (обусловленным сокращением объема лесозаготовки, увеличением площади управляемых лесов);
- аккумуляцией почвенного органического углерода на землях, переведенных из пахотных в кормовые угодья, в связи с ростом их площадей.

Доминирующим в данном секторе парниковым газом является CO_2 . Его выбросы в секторе преобладали над поглощением в 1990-1993 гг., когда в стране происходило достаточно интенсивное использование сельскохозяйственных земель и лесных ресурсов. Однако в последующие годы действие перечисленных выше факторов привело к сокращению выбросов и к интенсификации накопления углерода в биомассе за счет стока CO_2 из атмосферы. Абсорбция CO_2 из атмосферы в этот период превышала эмиссию (табл. Р.2). В последнем году инвентаризации сектор ЗИЗЛХ оставался значительным нетто-поглотителем парниковых газов, в результате чего совокупный выброс с учетом сектора ЗИЗЛХ был на 22,8% ниже совокупного выброса без учета ЗИЗЛХ.

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 времени⁴. 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 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 (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 суши и океаном, в результате чего количество уходящего в космос излучения оказывается меньшим, чем оно было бы в отсутствие поглотителей в атмосфере⁵. 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 оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (2013-2014 гг.) 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 диоксида углерода (CO₂), метана (CH₄) и закиси азота (N₂O). 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).

Российская Федерация занимает большую часть Восточной Европы и Северную Азию. Площадь ее территории равна 17,125 млн. км² (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, Атлан-

⁴ Существуют и другие определения климата, несколько отличающиеся от приведенного. Обсуждение можно найти в книге (Груза, Ранькова, 2012).

⁵ Приведено упрощенное определение парникового эффекта. Более точное научное определение имеется, например, в Пятом докладе об оценках МГЭИК (МГЭИК, 2013, с. 196)

тического океана. На более чем 67% площади территории России распространена вечная мерзлота (многолетнемерзлые породы). Лесные земли⁶ 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.

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.

Климат России отличается значительным разнообразием. Территория страны располагается в четырех климатических поясах: арктическом, субарктическом, умеренном и субтропическом. Основная часть территории страны располагается 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 $+12\div+14^{\circ}\text{C}$ на Северном Кавказе до $-16\div-14^{\circ}\text{C}$ 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 скорость глобального потепления. 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 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 (Росгидромет, 2014).

В целом за год и во все сезоны, кроме зимы, потепление за период с 1976 г. наблюдается на всей территории Российской Федерации: тренд осредненной по РФ среднегодовой температуры за 1976-2015 гг. составил $+0,45^{\circ}\text{C}/10$ лет. Максимум потепления в 2015 году наблюдался на арктическом побережье и западе Европейской части России. Теплеет во все сезоны, кроме зимы, наиболее быстро весной ($0,59^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой 2015 года наблюдалось похолодание. Во всех высотных зонах Северного Кавказа (горной, предгорной, степной) в целом за год, весной, летом и осенью наблюдается потепление; зимой отмечено незначимое похолодание на высокогорной метеостанции «Терскол». На территории России преобладает тенденция к росту годовых сумм осадков; тренд составляет $2,0\%/10$ лет. Тенденция роста осадков преобладает осенью и особенно весной, тренд составляет $5,8\%/10$ лет (Росгидромет, 2016).

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

⁶ Включая лесные земли лесного фонда и лесные земли, не входящие в лесной фонд.

основном генерируются внутренней изменчивостью климата, общее потепление, вызванное антропогенным воздействием, значительно увеличивает вероятность их возникновения.

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 страны.

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 РФ не происходит, в условиях снижения 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 людей в России. Так, увеличение частоты и длительности волн жары – продолжительных периодов сухой и жаркой погоды – приводит к повышению заболеваемости и смертности населения, 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).

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 Российская Федерация ратифицировала Киотский протокол к РКИК ООН (Российская Федерация, 2004). Именно в результате ратификации Россией условия вступления протокола в силу, предусмотренные его статьей 25, были выполнены, и 16 февраля 2005 г. Киотский протокол вступил в действие, став обязательным как для самой Российской Федерации, так и для всех остальных участвующих в этом международном соглашении государств.

Российская Федерация является страной, входящей в приложение I РКИК ООН и в приложение «В» Киотского протокола. В соответствии со своими обязательствами по статьям 4 и 12 РКИК ООН, Российская Федерация разрабатывает, периодически (в настоящее время – ежегодно) обновляет, публикует и представляет Конференции Сторон РКИК ООН 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 представляемого в РКИК ООН кадастра входит Национальный доклад о кадастре (НДК) и электронные 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 2006г. № 278-р⁷ была создана 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;

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 указанным порядком,⁸ федеральные органы исполнительной власти должны обеспечить ежегодное представление в Росгидромет соответствующих данных и информации.

В случае необходимости к подготовке кадастра могут быть привлечены министерства и ведомства, не задействованные на постоянной основе в национальной системе. Кроме министерств и ведомств, в работе системы оценки участвуют также негосударственные компании. Так, были заключены соглашения о сотрудничестве между Росгидрометом и Объединенной компанией «Российский алюминий», ОАО «Газпром», предусматривающие обмен данными и информацией, обмен опытом, консультации и другие виды сотрудничества, направленные на разработку и совершенствование национального 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 Росгидромета и РАН» (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 энергетиче-

⁷ В настоящее время действует в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 15 мая 2017г. № 930-р

⁸ Зарегистрирован Минюстом России 29 сентября 2006 г. Рег. № 8335.

ском, 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, ежегодного формирования и представления национального 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, согласованные связи между которыми обеспечивают получение данных требуемой степени детализации и выполнение расчетов. Установлены источники данных и потоки информации, которые составляют основу для оценки выбросов и абсорбции парниковых газов в различных секторах экономики страны.



Рисунок 1.1 – Организация инвентаризации парниковых газов в Российской Федерации

Схематическое описание процесса оценки выбросов и абсорбции парниковых газов показано на рисунке 1.2.



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, национальные доклады о кадастре 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 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).

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 специальным внутриведомственным методикам силами ведомств, ответственных за их сбор и обобщение. В свою очередь, ИГКЭ выполняет вторичный контроль и проверку данных о деятельности, параметров и расчетов, выполненных на основе предоставленных данных. В случае несовпадения величин принимаются 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.

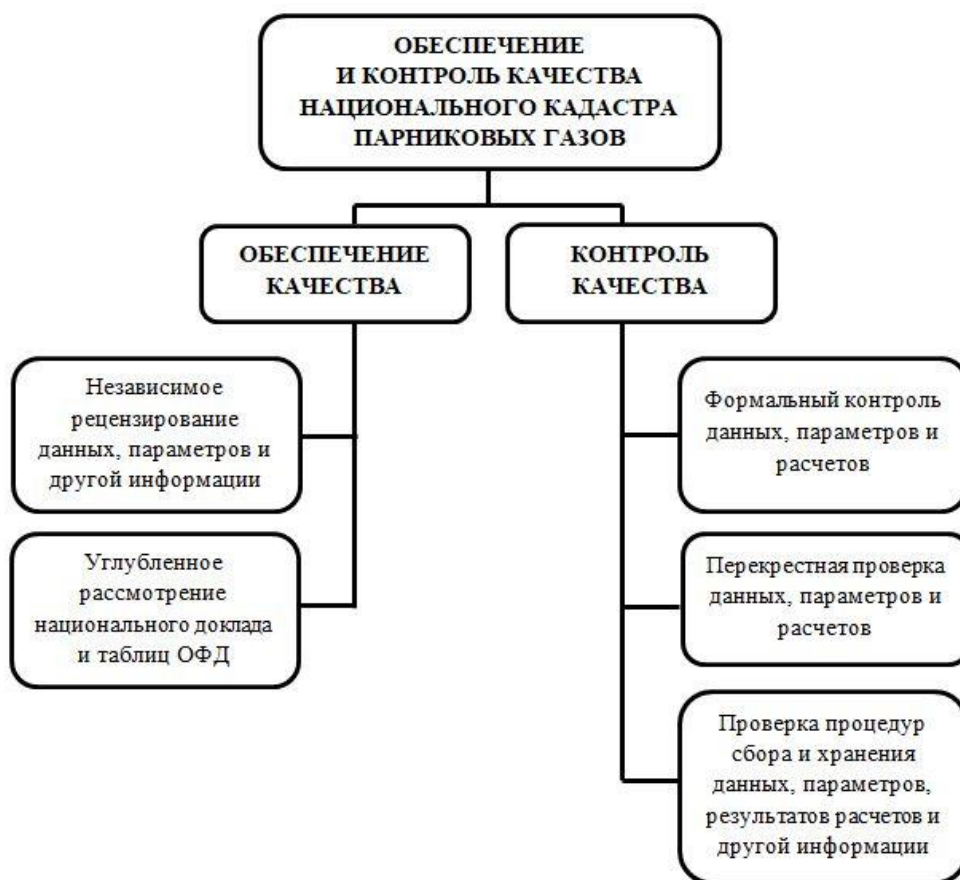


Рисунок 1.3 – Организационная диаграмма обеспечения и контроля качества национального кадастра парниковых газов Российской Федерации

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 Порядком. 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 направлены на осуществление независимой 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. Обеспечение качества выполняется ИГКЭ 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, представившие 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 Национальном докладе о кадастре парниковых газов Российской Федерации (аудит);
- углубленное рассмотрение национального доклада и таблиц общей формы доклада о кадастре.

Рецензирование данных, параметров и другой фактической информации Национального доклада о кадастре 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 национального доклада о кадастре. При необходимости, выполняется пересчет величин выбросов и абсорбции парниковых газов.

Углубленное рассмотрение национального доклада и таблиц общей формы доклада о кадастре – 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 национальный доклад о кадастре и таблицы общей формы доклада о кадастре. 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. Заключение также содержит 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.

Важной процедурой обеспечения качества кадастра являются его ежегодные углубленные рассмотрения группами экспертов по обзору РКИК ООН. Результаты углубленного рассмотрения и рекомендации экспертов РКИК ООН используются для постоянного усовершенствования кадастра парниковых газов.

В (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 координированы 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.

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

1.2.4 Изменения в организации национального кадастра после представления предыдущего ежегодного кадастра

Сведения о произведенных в 2017 году изменениях в организации и системе подготовки национального кадастра Российской Федерации приведены в разделе 10 настоящего доклада.

1.3 Общее описание методологий и источников данных

Методическую основу оценки выбросов и абсорбции парниковых газов составляют методологические руководства (доклады) МГЭИК (МГЭИК, 2006; IPCC, 2014a, IPCC, 2014b), частично дополненные методическими разработками, основанными на отечественном опыте проведения национальных инвентаризаций и материалах научных исследований. Более подробная информация о методологиях расчета выбросов и поглощения парниковых газов по отдельным секторам и категориям источников и поглотителей приведена в соответствующих разделах настоящего доклада.

Основные источники данных и материалов, используемых для разработки кадастра, включая выполнение оценок выбросов и абсорбции парниковых газов, перечислены в подразделе 1.2.2. Более подробная информация, относящаяся к конкретным секторам и категориям источников и поглотителей парниковых газов, приведена в соответствующих разделах настоящего доклада.

1.4 Анализ ключевых категорий

В соответствии с требованиями Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006), к ключевым отнесены категории источников, вносившие наибольший вклад в совокупный выброс парниковых газов в Российской Федерации в базовом году и в последнем охватываемом кадастром году, либо вносившие наибольший вклад в тренд совокупного выброса за весь учитываемый в кадастре период лет, начиная с 1990 г. Анализ проводился как для совокупного выброса с учетом выбросов и абсорбции парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ, так и для совокупного выброса без учета сектора ЗИЗЛХ. Более подробная информация о ключевых категориях содержится в приложении 1 (часть 2 настоящего доклада).

Результаты анализа ключевых атегорий, так же, как и в предыдущие годы, будут 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 для всех секторов и категорий источников выбросов и абсорбции парниковых газов, а также для совокупного выброса Российской Федерации (общая неопределенность кадастра). Более подробные сведения содержатся в разделах 3 – 7 и приложении 2 (часть 2 настоящего доклада).

1.6 Общая оценка полноты

В кадастр включены данные о выбросах и абсорбции всех парниковых газов, указанных в Приложении А к Киотскому протоколу – 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) оксида углерода (CO), и диоксида серы (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 РФ отсутствует хозяйственная или иная деятельность, приводящая к выбросам/абсорбции. Для некоторых 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, в кадастре содержатся только оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов для всей территории Российской Федерации. Природные (неантропогенные) выбросы и абсорбция в кадастре не учитываются. Более подробная информация о полноте охвата отдельных категорий источников по секторам МГЭИК приведена в соответствующих разделах настоящего доклада.

Для пересчета выбросов парниковых газов в эквивалент диоксида углерода (CO_2 -экв.) использовались 100-летние потенциалы глобального потепления МГЭИК⁹, приведенные в Руководящих принципах (РКИК ООН, 2014).

Раздел 10 настоящего доклада содержит дополнительную информацию, представление которой в ежегодных кадастрах предусмотрено статьей 7 и соответствующими решениями Совещений Сторон Киотского протокола.

⁹ В соответствии с таблицей 2.14 «Исправлений к вкладу Рабочей группы I в Четвертый доклад об оценках Межправительственной группы экспертов по изменению климата»

2. ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРОСОВ И АБСОРБЦИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

В настоящий раздел включена информация об общей динамике и приростах 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 48,4% с учетом сектора ЗИЗЛХ, и на 29,2% – без его учета).

С 1990 по 1998 гг. в Российской Федерации происходило затронувшее все секторы уменьшение совокупного выброса парниковых газов, связанное с отрицательной динамикой экономической ситуации и структурными изменениями в национальной экономике. В последующие годы, в период экономического роста 1999 – 2008 гг., наблюдалось устойчивое увеличение выбросов. В 2009 г., под влиянием экономического кризиса, выбросы сократились по сравнению с предыдущим годом, но в 2011 и 2012 гг. рост выбросов возобновился. В 2013 г. совокупный выброс парниковых газов вновь сократился (на 2,2% по отношению к предыдущему году, без учета сектора ЗИЗЛХ). В 2014-2015 гг. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ оставался почти неизменным (увеличение на 0,2% по отношению к предыдущему году в 2014 г. и на 0,4% по отношению к предыдущему году в 2015 г.). В 2016 г. совокупный выброс без учета ЗИЗЛХ увеличился на 0,5% по отношению к предыдущему году.

Основными драйверами изменения выбросов в Российской Федерации являются общие тенденции развития экономики (интегральным показателем которых является изменение ВВП), изменение структуры ВВП, изменение энергоэффективности, а также общей эффективности экономики Российской Федерации, изменение структуры топливного баланса. Определенный вклад в динамику выбросов вносят общий тренд и межгодовые колебания температуры воздуха на территории РФ, оказывающие влияние на выбросы опосредованно, через изменение энергопотребления.

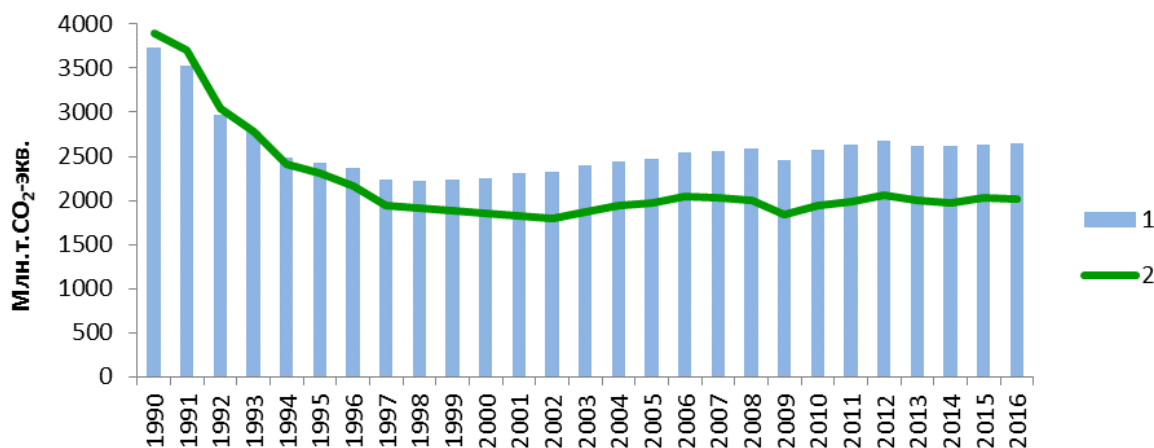


Рисунок 2.1 – Совокупные антропогенные выбросы парниковых газов в Российской Федерации, без учета (1) и с учетом (2) землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства

Таблица 2.1

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

Сектор	Год														
	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO ₂ без учета ЗИЗЛХ	2571,2	1640,3	1499,6	1588,7	1648,7	1647,7	1679,8	1572,4	1657,6	1712,4	1726,1	1666,0	1667,1	1671,9	1668,1
CO ₂ с учетом ЗИЗЛХ	2698,0	1487,6	1062,1	1052,9	1108,3	1080,6	1056,7	900,2	993,0	1028,9	1076,5	1022,4	978,4	1031,0	997,2
CH ₄ без учета ЗИЗЛХ	922,0	634,3	611,8	764,0	779,1	790,9	792,1	775,4	800,3	814,2	824,7	827,5	832,0	838,8	856,4
CH ₄ с учетом ЗИЗЛХ	943,4	653,2	632,3	786,5	804,6	815,6	817,7	801,1	823,2	837,1	847,3	848,6	854,9	861,7	879,3
N ₂ O без учета ЗИЗЛХ	188,7	118,3	100,3	91,9	92,0	92,2	90,4	91,8	97,3	92,8	96,7	90,9	91,8	92,2	91,0
N ₂ O с учетом ЗИЗЛХ	199,3	132,6	115,9	108,8	111,1	110,7	109,6	115,1	109,4	104,9	108,8	102,5	104,7	107,2	104,5
ГФУ	35,9	15,4	26,6	19,8	18,0	16,9	17,9	12,6	13,5	11,3	17,9	21,8	24,8	22,4	23,6
ПФУ	15,1	13,5	9,9	6,3	5,5	5,0	4,8	3,3	3,6	3,3	3,3	3,4	3,0	3,5	3,7
SF ₆	1,4	0,6	0,9	1,5	1,6	1,6	1,1	1,1	1,0	0,8	5,6	5,2	1,2	1,1	1,1
NF ₃	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего, без учета ЗИЗЛХ	3734,3	2422,4	2249,1	2472,2	2544,9	2554,3	2586,1	2456,6	2573,2	2634,9	2674,2	2614,9	2620,0	2629,9	2643,8
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	3893,1	2303,0	1847,6	1975,9	2049,1	2030,4	2007,8	1833,4	1943,7	1986,4	2059,4	2004,0	1967,1	2026,8	2009,4
Всего, без учета ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов	3734,3	2422,4	2249,1	2472,2	2544,9	2554,3	2586,1	2456,6	2573,2	2634,9	2674,2	2614,9	2620,0	2629,9	2643,8
Всего, с учетом ЗИЗЛХ, с учетом косвенных выбросов	3893,1	2303,0	1847,6	1975,9	2049,1	2030,4	2007,8	1833,4	1943,7	1986,4	2059,4	2004,0	1967,1	2026,8	2009,4

Таблица 2.2

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

Сектор	Год														
	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Энергетика	3045,2	1947,1	1813,9	2037,2	2103,8	2109,2	2147,8	2043,0	2137,9	2199,2	2213,9	2153,0	2152,6	2162,1	2175,4
Пром. процессы и использование продукции	283,5	182,7	196,3	207,6	214,6	215,6	207,4	180,7	196,9	200,2	216,4	220,6	220,8	218,8	218,5
Сельское хозяйство	324,5	211,0	155,6	138,2	135,7	136,9	136,5	136,7	140,2	134,5	140,3	134,8	136,1	135,8	134,2
ЗИЗЛХ	158,8	-119,4	-401,5	-496,3	-495,8	-523,9	-578,3	-623,2	-629,5	-648,5	-614,9	-610,9	-652,9	-603,0	-634,5
Отходы	81,2	81,6	83,3	89,2	90,8	92,6	94,4	96,2	98,2	101,0	103,7	106,5	110,5	113,3	115,8
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	3893,1	2303,0	1847,6	1975,9	2049,1	2030,4	2007,8	1833,4	1943,7	1986,4	2059,4	2004,0	1967,1	2026,8	2009,4

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 кадастра¹⁰, 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	Отходы		
Последний год по отношению к предпоследнему	0,6	-0,1	-1,2	5,2	2,2	0,5	-0,9
Последний год по отношению к 1990г.	-28,6	-22,9	-58,6	-499,6	42,7	-29,2	-48,4

Распределение выбросов по секторам в охватываемом кадастром периоде времени изменилось не очень существенно (табл. 2.4). Доминирующую роль в совокупном выбросе продолжают играть выбросы энергетического сектора. Уменьшился вклад сельского хозяйства. В противоположность другим секторам, выбросы, связанные с отходами, демонстрируют постоянный рост и значительно превысили уровень базового года (табл. 2.3), вследствие чего вклад сектора «Отходы» в совокупный выброс заметно увеличился.

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, охватываемый кадастром	82,3	8,2	5,1	4,4	100,0
1990 г.	81,5	7,6	8,7	2,2	100,0

Динамика выбросов, связанных с землепользованием, изменениями в землепользовании и лесным хозяйством, определяется следующими факторами:

- уменьшением выброса от пахотных земель (обусловленным сокращением площадей пахотных земель, увеличением средней урожайности большинства культурных растений в

¹⁰ Термины «энергетика», «промышленные процессы», «использование растворителей и другой продукции», «сельское хозяйство» и «отходы», используемые в настоящем докладе, соответствуют определениям МГЭИК и не совпадают с традиционно употребляемыми в Российской Федерации определениями секторов (отраслей) экономики. В частности, к энергетическому сектору по классификации МГЭИК относятся – независимо от того в каких отраслях экономики они происходят, – сжигание всех видов топлива для получения энергии, а также потери газообразных топливных продуктов в атмосферу в виде технологические выбросов, утечек и сжигания в факелах.

последние годы, и, в основном, снижением уровня микробного дыхания пахотных почв в результате низких доз внесения органических удобрений);

- увеличением поглощения на территории управляемых лесов (обусловленным сокращением объема лесозаготовки, увеличением площади управляемых лесов);
- аккумуляцией почвенного органического углерода на землях, переведенных из пахотных в кормовые угодья, в связи с ростом их площадей.

Доминирующим в данном секторе парниковым газом является CO_2 . Его выбросы в секторе преобладали над поглощением в 1990-1993 гг., когда в стране происходило достаточно интенсивное использование сельскохозяйственных земель и лесных ресурсов. Однако в последующие годы действие перечисленных выше факторов привело к сокращению выбросов и к интенсификации накопления углерода в биомассе за счет стока CO_2 из атмосферы. Абсорбция CO_2 из атмосферы в этот период превышала эмиссию (табл. 2.2). В последнем году инвентаризации сектор ЗИЗЛХ оставался значительным нетто-поглостителем парниковых газов, в результате чего совокупный выброс с учетом сектора ЗИЗЛХ был на 22,8% ниже совокупного выброса без учета ЗИЗЛХ.

3. Энергетика (СЕКТОР 1 ОФД)

3.1 Обзор по сектору

Согласно пересмотренным Руководящим принципам РКИК ООН¹¹, в секторе «Энергетика» представляются данные о выбросах парниковых газов диоксида углерода (CO₂), метана (CH₄), оксида азота (N₂O) и предшественников озона (NO_x, CO, летучих неметановых органических соединений (ЛНОС или NMVOC) и SO₂) от сжигания топлив (1.A), их утечек и испарения (1.B) и транспорта и хранения CO₂ (1.C). Выбросы обусловлены добычей, первичной переработкой, транспортировкой и использованием природного топлива (нефть, природный и нефтяной (попутный) газы, уголь, торф и др.) и продуктов его переработки.

В 2016 г. выбросы парниковых газов в эквиваленте CO₂ составили 2,18 млрд. т (2 183 353,3 Гг CO₂-экв.), что на 29,0% ниже уровня 1990 года. В их составе преобладал CO₂ – на него в 2016 г. приходилось 67,8% всех выбросов по сектору. Вклады CH₄ и N₂O составили 31,9% и 0,2% соответственно (табл. 3.1 и 3.2). В 2016 г. эмиссия предшественников озона NO_x и CO сократилась соответственно до 60,0% и 53,8% от уровня 1990 года, а величины выбросов ЛНОС и SO₂ приблизились к уровню 1990 года: их выбросы составили соответственно 97,2% и 96,3% от величин 1990 года (рис. 3.1).

Таблица 3.1

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

1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1.A Сжигание топлива (1.AA Подход по секторам)														
2286,9	1461,5	1305,5	1349,7	1399,2	1388,1	1439,0	1350,2	1412,6	1459,0	1466,1	1408,2	1421,6	1441,5	1417,9
1.B Утечки и испарение топлив														
1.B.1 Твердые топлива														
87,6	58,6	50,5	54,7	57,6	57,7	58,9	54,6	55,8	56,8	59,9	58,6	60,2	61,3	61,5
1.B.2 Нефть и газ														
700,9	459,4	485,7	662,9	677,8	693,7	680,8	664,8	699,2	714,2	717,9	716,8	706,5	704,0	704,0
1.C Транспорт и хранение диоксида углерода														
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Всего														
3075,4	1979,4	1841,8	2067,3	2134,6	2139,6	2178,6	2069,5	2167,7	2230,1	2243,9	2183,6	2188,3	2206,8	2183,4
Использование топлив в международных морских и авиационных перевозках ⁽¹⁾														
17,4	17,2	18,6	24,9	26,6	30,1	25,1	23,9	27,3	32,3	40,0	46,7	62,4	54,0	42,0

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

Таблица 3.2

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

Газ	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO ₂	2336,2	1493,2	1344,8	1414,1	1464,6	1461,3	1501,6	1414,8	1485,1	1534,3	1542,9	1482,6	1488,4	1504,2	1481,2
CH ₄	730,0	481,0	492,2	647,9	664,6	673,0	671,7	649,7	677,6	690,4	695,7	695,8	694,4	697,1	697,0
N ₂ O	9,3	5,3	4,8	5,2	5,4	5,3	5,3	5,0	5,0	5,3	5,4	5,2	5,4	5,5	5,2
Всего	3075,4	1979,4	1841,8	2067,3	2134,6	2139,6	2178,6	2069,5	2167,7	2230,1	2243,9	2183,6	2188,3	2206,8	2183,4

¹¹ 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>)

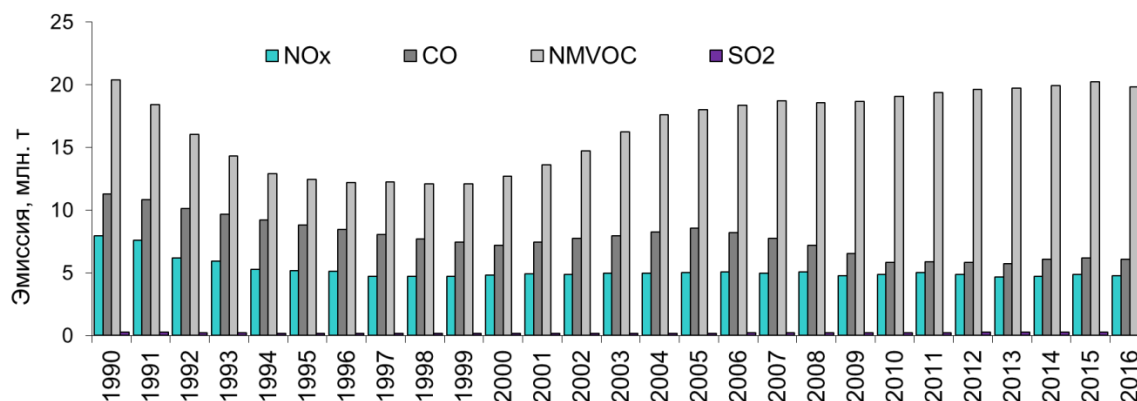


Рисунок 3.1 – Выбросы газов с косвенным парниковым эффектом в секторе «Энергетика»

3.2 Сжигание топлива (1.A)

Расчеты выбросов CO_2 от сжигания топлива проведены для всего временного ряда с 1990 по 2016 год с использованием базового (по основным видам топлива) и секторного (по основным категориям источников) подходов. Расчет выбросов от сжигания топлива для всего временного ряда проводится с применением Руководящих подходов МГЭИК 2006 (IPCC, 2006). Эмиссия других, кроме CO_2 , газов при сжигании топлива также рассчитана по категориям источников для всего временного ряда с 1990 по 2016 гг. 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 2016 году составляли 1 417 785,20 Гг CO_2 -экв., что на 38% меньше, чем в 1990 году и на 0,4% меньше, чем в 2015 году. На долю сжигания топлива в 1990 г. в России приходилось 75,1% общих выбросов в секторе «Энергетика». В 2016 г. эта доля составила 65,2%. В 2016 году 57,1% выбросов от подсектора определяло сжигание топлива в энергетической промышленности. Сжигание топлива на транспорте вносило 18,1% суммарных выбросов парниковых газов от сектора, сжигание топлива в промышленности – 11,9%, а в других отраслях экономики – 12,96%.

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).¹²

Оценки выбросов от производства чугуна и стали производились в секторе «Промышленные процессы», поэтому и выбросы от использования кокса в черной металлургии отнесены к данному сектору (кокс является одновременно топливом и сырьем в металлургиче-

¹² 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.

ском 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 .

Начиная с кадастра 2015 года 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. В кадастре этого года впервые 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.

В кадастре этого года объемы твердых коммунальных отходов, рассчитанные в секторе Отходы и сжигаемые с получением энергии, приведены только в информационных целях в таблице А(а)4 ОФД. Так как 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, поэтому дополнительное включение рассчитанных в секторе Отходы объемов ТБО приводило к двойному счету. Подробное описание причин и методики перерасчетов 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 2016 г. общее расхождение между выбросами CO_2 от сжигания топлива, определенными с помощью базового и секторного подходов МГЭИК, составило 37384,5 Гг, или – 2,6% общего выброса CO_2 в данной категории. Суммарный выброс, определенный с помощью базового подхода, немного меньше 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	Кажущееся потребление, ПДж	Выброс CO_2 , Гг	Потребление	Выброс CO_2
Жидкое	5778,19	418649,92	5081,94	361813,02	13,7	15,7
Твердое	2983,87	278373,54	3470,62	299012,78	-14,0	-6,9
Газовое	13766,68	748888,84	13189,72	717520,82	4,4	4,4
Прочее	-0,68	-96,81	211,60	30258,51	-99,7	-100,3
Торф	11,39	1207,02	9,80	1038,71	16,2	16,2
Всего	22540,81	1447022,50	21963,68	1409638,00	2,6	2,7

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).

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.

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, используемыми 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.

Начиная с кадастра 2015 года из расчетов в подсекторе Сжигание топлива (1.А) исключен природный газ, использующийся в качестве восстановителя при производстве железа прямого восстановления. В кадастре этого года 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 предыдущих кадастрах, включение данных объемов газа в расчеты в секторе «Энергетика» приводило к двойному учету выбросов CO_2 . В кадастре этого года произведен полный перерасчет всего временного ряда неэнергетического использования природного газа и соответствующие пере-

расчеты сжигания природного топлива с энергетическими целями в базовом подходе и в секторном подходе в категории 1A2a – Черная металлургия. Подробно причины и методы перерасчета приведены в главе 4, раздел 4.4.

В 2016 г. доля включенного в инвентаризацию парниковых газов неэнергетического использования топлива от общего количества топлив, используемых в неэнергетических целях согласно ТЭБ, составила 75,3%. В таблице 3.4 приведены данные о количестве топлива, включенного в расчет накопленного углерода в кадастре этого года.

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 пересчитаны 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 предыдущих кадастрах эта доля составляла в разные годы 57-80%, а в кадастре за все годы составляла не менее 64%.

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	6140060,714	4704991,08	76,6%
1995	2735163,54	1840765,06	67,3%
2000	3606663,55	2455812,50	68,1%
2005	4094156,64	2666344,48	65,1%
2007	4212263,34	2698339,39	64,1%
2008	4330370,04	2862518,88	66,1%
2009	4351768,32	2805680,07	64,5%
2010	4373166,59	2703576,93	61,8%
2011	4516026,26	2983297,45	66,1%
2012	4658885,93	3123600,12	67,0%
2013	4591058,55	3119603,91	67,9%
2014	4747666,30	3521080,04	74,2%
2015	5024048,27	3804917,77	75,7%
2016	5101170,80	3841097,02	75,3%

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

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

3.2.3.1 Описание категории

В соответствии с Руководящими принципами МГЭИК 2006 года, для проведения расчетов выбросов CO₂ по базовому подходу был использован метод уровня 1 – по видам топлива (МГЭИК, 2006). Для каждого года с 1990 по 2016 гг. были оценены выбросы CO₂ 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 CO₂ 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 2016 г. выбросы CO₂ от сжигания топлива, рассчитанные с использованием базового подхода по видам топлива, составили 144 7022,49 Гг, что на 38,7% меньше, чем в 1990 году. По сравнению с предыдущим годов выбросы, оцененный по базовому подходу уменьшились на 1%. Временной ряд выбросов диоксида углерода при сжигании основных видов топлива приведен в таблице 3.5.

Исходные данные

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

Таблица 3.5

Выброс CO₂ при сжигании топлива по видам, Гг

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всего, в том числе	2,36	1,50	1,37	1,35	1,40	1,31	1,35	1,45	1,48	1,38	1,40	1,46	1,45	1,35
Жидкое топливо	0,93	0,41	0,31	0,30	0,31	0,29	0,27	0,33	0,35	0,32	0,36	0,43	0,42	0,30
Твердое топливо	0,64	0,42	0,37	0,29	0,32	0,30	0,29	0,31	0,32	0,28	0,27	0,29	0,28	0,29
Газ	0,79	0,67	0,68	0,76	0,77	0,73	0,79	0,81	0,80	0,78	0,77	0,73	0,75	0,76
Торф	0,007	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

В период с 1992 по 1999 гг. для расчетов использовались данные национальной статистики, представляемые Росстатом в банк данных Международного Энергетического Агентства. Для расчетов за 1990, 1991 и 2000-2016 гг. использовались данные по производству, экспорту, импорту и изменению запаса топлив, предоставленные Росстатом. Краткий расчетный баланс энергоресурсов Российской Федерации за 2016г. приведен в Приложении 2. Временной тренд потребления топлива в России приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Динамика потребления топлива в России в % к 1990г.

	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всего, в том числе	63,01	60,00	61,08	62,49	63,94	60,09	63,02	67,06	67,81	65,48	66,84	68,60	67,30
Жидкое топливо	43,96	37,89	37,39	36,74	38,62	34,89	34,56	40,45	43,23	42,42	46,62	54,49	52,30
Твердое топливо	65,78	60,25	50,09	49,51	53,35	49,30	48,20	50,75	52,60	47,93	46,42	49,02	47,41
Газ	77,01	77,59	85,05	89,04	89,09	85,23	92,56	95,79	94,42	91,94	92,32	88,83	88,38
Торф	49,65	42,93	21,76	17,28	12,99	12,98	16,81	21,02	18,74	18,41	18,83	15,06	16,80

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 58,3% 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 диоксида углерода снова стали увеличиваться. Оцененная с применением базового подхода эмиссия CO_2 в 2016 году практически не изменилась по сравнению с 2015 годом (уменьшилось на 1%).

С 1990 по 2016 гг. 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 2016 г. по сравнению с 1990 г. на 18% выросла доля выбросов диоксида углерода от сжигания природного газа, а доли выбросов, обусловленные сжиганием жидких и твердых топлив, сократились соответственно на 10% и 8%. После относительного снижения потребления природного газа в 2015 году (на 4,8% по отношению к 2014 году), в 2016 году наблюдался небольшой рост (на 1,5%), но объемы сжигания газа, характерные для десятилетия 2005-2014 гг. еще не были достигнуты. Потребление жидкого и твердого топлив по сравнению с предыдущим годом практически не изменились.

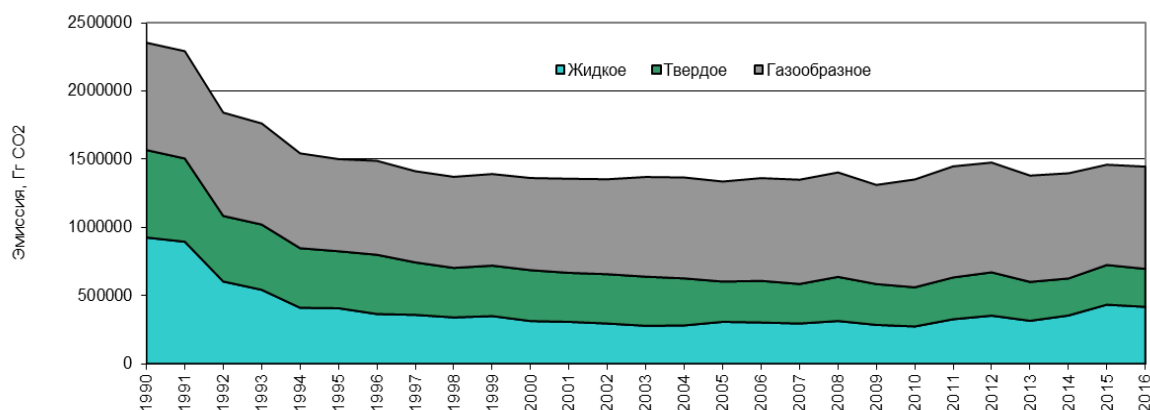
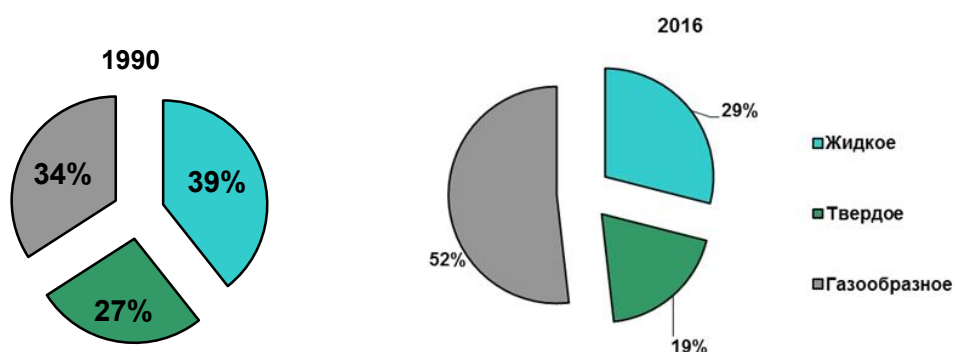


Рисунок 3.2 – Тренды выбросов углекислого газа от сжигания различных видов топлива, Гг.

Таблица 3.7

Временной тренд выбросов CO₂ в России в % к 1990г.

Год	Всего	Жидкое топливо	Твердое топливо	Газ
1995	63,01	43,96	65,78	77,01
2000	60,00	37,89	60,25	77,59
2005	61,08	37,39	50,09	85,05
2007	62,49	36,74	49,51	89,04
2008	63,94	38,62	53,35	89,09
2009	60,09	34,89	49,30	85,23
2010	63,02	34,56	48,20	92,56
2011	67,06	40,45	50,75	95,79
2012	67,81	43,23	52,60	94,42
2013	65,48	42,42	47,93	91,94
2014	66,84	46,62	46,42	92,32
2015	68,60	54,49	49,02	88,83
2016	62,05	46,91	45,52	92,81

Рисунок 3.3 – Вклад различных видов топлив в суммарный выброс CO₂ 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):

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

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 2005-2016 гг. – 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:

$$ADi \text{ (ТДж)} = ADi \text{ (ед)} \cdot Ci \text{ (ТДж/ед)}, \quad (3.2)$$

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

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. 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).

Таблица 3.8

Расчетные коэффициенты перевода в энергетические единицы и коэффициенты выбросов диоксида углерода ($mCO_2/ТДж$)

Наименование типа топливных ресурсов	Единица измерения	Коэффициент перевода натуральных единиц в энергетические		Коэффициент выброса CO_2
		тыс. т.у.т./ед.	ТДж/ед.	
Нефть, включая промышленный газоконденсат	тыс. т.	1,430	41,91(н)	73,3
Автомобильный бензин	тыс. т.	1,490	43,67(н)	69,3
Авиационный бензин	тыс. т.	1,490	43,67(н)	70,0
Авиационный керосин	тыс. т.	1,470	43,08(н)	71,5
Другие виды керосина	тыс. т.	1,470	43,08(н)	71,9

Продолжение таблицы 3.8

Наименование типа топливных ресурсов	Единица измерения	Коэффициент перевода натуральных единиц в энергетические		Коэффициент выброса CO ₂
		тыс. т.у.т./ед.	ТДж/ед.	
Другие виды керосина	тыс. т.	1,470	43,08(н)	71,9
Дизельное топливо	тыс. т.	1,450	42,50(н)	74,1
Мазут топочный	тыс. т.	1,370	40,15(н)	77,4
Мазут флотский	тыс. т.	1,430	41,91(н)	77,4
Топливо печное бытовое	тыс. т.	1,450	42,50(н)	77,4
Сжиженный нефтяной газ	тыс. т.	1,570	46,01(н)	63,1
Другие моторные топлива	тыс. т.	1,470	43,08(н)	71,9
Нефтебитум	тыс. т.	1,350	39,57	80,7
Нафта (лигроин)	тыс. т.	1,536	45,01	73,3
Смазочные материалы, парафины	тыс. т.	1,372	40,20	73,3
Газ нефтеперерабатывающих заводов	тыс. т.	1,500	43,96(н)	57,6
Нефтяной кокс	тыс. т.	1,080	31,65(н)	97,5
Другие нефтепродукты	тыс. т.	1,430	41,91(н)	73,3
Уголь по месторождениям				
уголь донецкий	тыс. т	0,876	25,67(н)	90,2(н)
уголь кузнецкий	тыс. т	0,867	25,41(н)	91,9(н)
уголь карагандинский	тыс. т	0,726	21,28(н)	94,2(н)
уголь подмосковный	тыс. т	0,335	9,82(н)	95,0(н)
уголь воркутинский	тыс. т	0,822	24,09(н)	92,6(н)
уголь интинский	тыс. т	0,649	19,02(н)	93,1(н)
уголь челябинский	тыс. т	0,552	16,18(н)	94,9(н)
уголь свердловский	тыс. т	0,330	9,67(н)	94,2(н)
уголь башкирский	тыс. т	0,264	7,74(н)	94,2(н)
уголь нерюнгринский	тыс. т	0,987	28,93(н)	94,2(н)
уголь якутский	тыс. т	0,751	22,01(н)	94,2(н)
уголь черемховский	тыс. т	0,752	22,04(н)	94,0(н)
уголь азейский	тыс. т	0,483	14,16(н)	93,9(н)
уголь читинский	тыс. т	0,483	14,16(н)	98,9(н)
уголь гусиноозерский	тыс. т	0,506	14,83(н)	94,9(н)
уголь хакасский	тыс. т	0,727	21,31(н)	94,4(н)
уголь канско-ачинский	тыс. т	0,516	15,12(н)	98,1(н)
уголь тувинский	тыс. т	0,906	26,55(н)	94,2(н)
уголь тунгусский	тыс. т	0,754	22,10(н)	94,2(н)
уголь магаданский	тыс. т	0,701	20,54(н)	93,1(н)
уголь арктический (шпицбергенский)	тыс. т	0,669	19,61(н)	94,2(н)
уголь норильский	тыс. т	0,761	22,30(н)	94,2(н)
уголь огоджинский	тыс. т	0,447	13,10(н)	94,2(н)
уголь камчатский	тыс. т	0,323	9,47(н)	93,1(н)
уголь Приморья	тыс. т	0,506	14,83(н)	93,1(н)
уголь экибастузский	тыс. т	0,628	18,41(н)	94,6(н)
уголь алтайский	тыс. т	0,782	22,92(н)	94,2(н)
уголь тугнуйский	тыс. т	0,692	20,28(н)	94,2(н)
уголь прочих месторождений	тыс. т	0,768	22,51(н)	94,2(н)
уголь импортный	тыс. т	0,768	22,51(н)	94,2(н)
Антрацит ¹⁾	тыс. т	0,911	26,70	98,3
Коксующийся уголь ¹⁾	тыс. т	0,962	28,20	94,6
Каменный уголь ¹⁾ (Другие виды битуминозного угля)	тыс. т	0,768	22,51	94,6
Бурый уголь/Лигнит ¹⁾	тыс. т	0,467	13,69	101,0
Горючий сланец и битуминозные пески	тыс. т	0,300	8,79(н)	107,0

Продолжение таблицы 3.8

Наименование типа топливных ресурсов	Единица измерения	Коэффициент перевода натуральных единиц в энергетические		Коэффициент выброса CO ₂
		тыс. т.у.т./ед.	ТДж/ед.	
Угольные брикеты	тыс. т	0,706	20,7	97,5
Газ горючий искусственный коксовый	млн. м ³	0,570	16,71(н)	44,4
Газ горючий искусственный доменный	млн. м ³	0,430	12,60(н)	260,0
Кокс металлургический	тыс. т	0,990	29,01(н)	107,0
Смола каменноугольная	тыс. т	1,300	38,10(н)	80,7
Природный газ	млн. м ³	1,154	33,82(н)	54,4(н)
Торф	тыс. т	0,340	9,96(н)	106,0
Промышленные отходы	тыс. т у.т.	1,000	29,31	143,0
Дрова для отопления и древесные отходы	плот. тыс. м ³	0,266	7,80(н)	112,0
Древесный уголь	тыс. т	0,930	27,26(н)	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 CO₂ для стационарного сжигания угля – EF (кг CO₂/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.

Коэффициенты выброса CO₂ 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 CO₂ при сжигании углей различных месторождений приняты по оценке РАО «ЕЭС России» (РАО «ЕЭС России», 1999). При отсутствии данных о содержании углерода в угле отдельных месторождений, было принято среднее по стране значение (2,76 т CO₂/т.у.т.). 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.¹³

¹³ Подробно методика определения содержания углерода и доли неокисленного углерода в углях различных угольных бассейнов приведена в Национальном докладе о кадастре за 1990-2012 гг. (НДК, 2014, часть 1, раздел 3.2.3.1) и в более ранних версиях НДК. Исходные данные и методика, используемые РАО ЕЭС при расчете коэффициентов эмиссии углерода для углей различных бассейнов, прошли проверку Группы экспертов МГЭИК в ходе рассмотрений в стране (2007, 2009 и 2010 гг.) и централизованных рассмотрений (2008, 2011-2015 гг.)

Расчет средневзвешенного коэффициента для каждого года проводился по формуле:

$$EF_{CO_2} = \frac{\sum(AD_{месторожд.} \cdot CF_{месторожд.} \cdot EF_{месторожд.})}{\sum(AD_{месторожд.} \cdot CF_{месторожд.})} \cdot 10^6 / 29,3076 \quad (3.3)$$

где: EF_{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 (т CO_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, Международного энергетического агентства. 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.

В 2012 году независимый контроль качества раздела осуществлялся Центром по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ). Специалисты ЦЭНЭФ выполнили собственные расчеты выбросов парниковых газов по всем категориям и сопоставили их с данными кадастра парниковых газов (Башмаков, Мышак, 2012). Результаты расчетов обсуждались на совместном семинаре ЦЭНЭФ и ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Предпринятые процедуры контроля качества соответствуют уровню 2.

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

В кадастре этого года при оценке выбросов парниковых газов от сжигания топлива с использованием базового подхода произведены перерасчеты, связанные с неэнергетическим использованием кокса, природного газа и угля.

Проведен перерасчет неэнергетического использования кокса для всего временного ряда, связанный с уточнением объема кокса, используемого в черной металлургии. Подробно причины и методы перерасчета приведены в главе 4, раздел 4.4.

В кадастре этого года для предотвращения двойного учета из расчетов по базовому и секторному подходам исключен так же природный газ, используемый в доменном производстве, а так же 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 предыдущих кадастрах, включение данных объемов газа в расчеты в секторе «Энергетика» приводило к двойному учету выбросов CO_2 . В кадастре этого года произведен полный перерасчет всего временного ряда неэнергетического использования природного газа и соответствующие перерасчеты сжигания природного топлива с энергетическими целями в базовом подходе и в секторном подходе в категории 1А2а – Черная металлургия. Подробно причины и методы перерасчета приведены в главе 4, раздел 4.4.

В расчеты по базовому подходу в кадастре этого года внесены данные по неэнергетическому использованию угля, применяемого в доменном производстве. Начиная с 2012 года, в металлургическом производстве используется пылеугольное дутье, применение которого позволяет сократить расход кокса. Уголь, применяемый в процессе пылеугольного дутья, учтен в расчетах по базовому подходу в 2012-2016 гг. как неэнергетическое использование. Подробнее причины и методика пересчета описаны в разделе 4.4 – Металлургия (2с).

3.2.3.5 Планируемые усовершенствования

Проведение усовершенствований в расчетах по базовому подходу не планируется.

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

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.А.1), промышленного производства и строительства (1.А.2), транспорта (1.А.3), других отраслей экономики (1.А.4), в том числе: коммерческое использование (1.А.4.а), использование в жилом секторе (1.А.4.б), сельское хозяйство, рыболовство и лесоводство (1.А.4.с), других видов сжигания топлива (1.А.5). Суммарная эмиссия парниковых газов от сжигания топлива от всех категорий источников составила 1 417 785,2 Гг, CO_2 -экв. что на 38% меньше, чем в 1990 году, и на 0,4% меньше, чем в 2015 году. Вклад отдельных подкатегорий в эмиссию парниковых газов показан на рисунке 3.4.

Для проведения инвентаризации в категории 1.А 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.

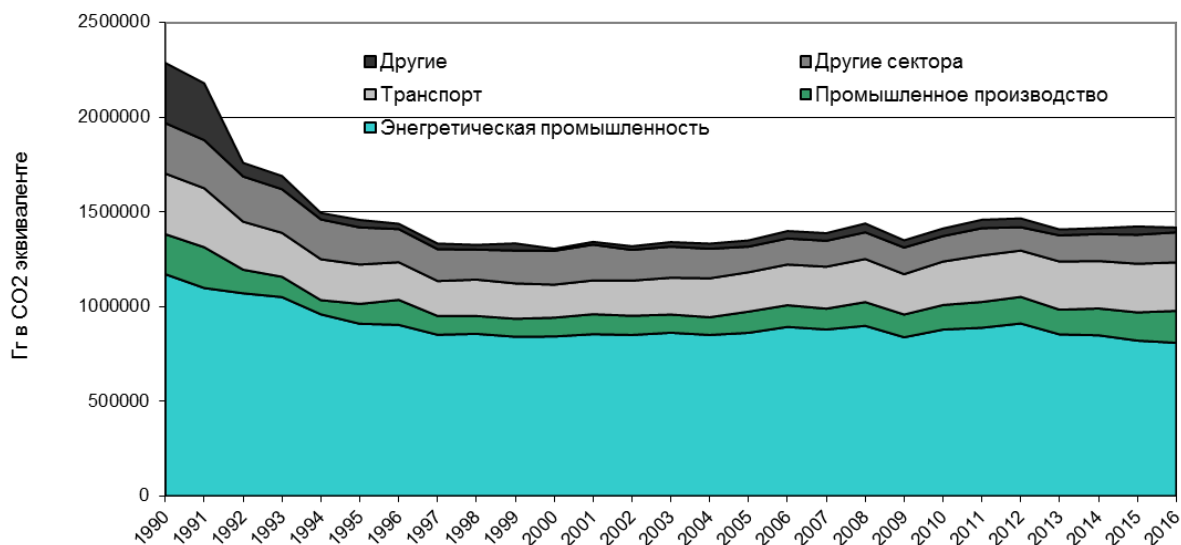


Рисунок 3.4 – Выбросы парниковых газов при сжигании топлива по категориям источников (Гг CO_2 – экв.)

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 .

Кроме того, начиная с кадастра 2015 года, 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 причины и методика пересчета описаны в разделе 4.4 – Металлургия (2с).

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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всего	2,29	1,46	1,31	1,35	1,39	1,44	1,35	1,41	1,46	1,47	1,41	1,42	1,44	1,42
Энергетическая промышленность	1,17	0,91	0,84	0,86	0,88	0,90	0,84	0,88	0,89	0,91	0,85	0,85	0,82	0,81
Промышленное производство	0,21	0,11	0,10	0,11	0,11	0,13	0,12	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,15	0,17
Транспорт	0,32	0,21	0,17	0,21	0,22	0,23	0,21	0,23	0,25	0,24	0,25	0,25	0,26	0,26
Другие сектора	0,27	0,20	0,18	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,12	0,14	0,14	0,15	0,16
Другие	0,32	0,04	0,01	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,02

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 2016 году составила 808954,74 Гг CO_2 -экв., из них 99,7% приходится на выбросы CO_2 . Выбросы от сжигания топлива для энергетических целей составляют 57,1% 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.

Методологические вопросы

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

Для оценки выбросов в данной категории в 1992-1999 гг. использовались данные российской национальной статистики, сформированные в соответствии с требованиями представления информации в базу данных Международного энергетического агентства. 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.

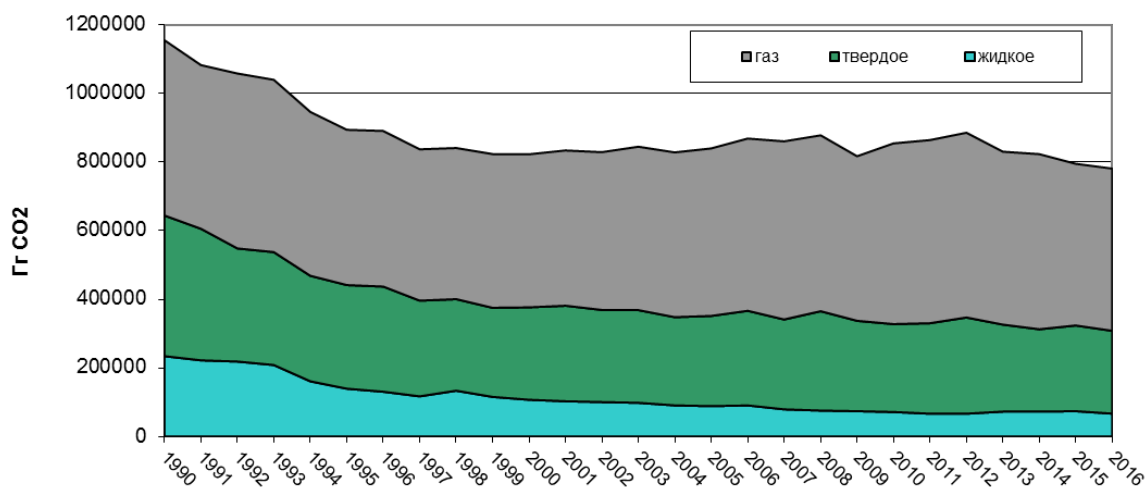


Рисунок 3.5 – Выбросы CO_2 при сжигании топлива в энергетической промышленности, Гг CO_2

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 за 2005 – 2016 гг. отдельно рассчитаны выбросы от подкатегорий Основные производители электро- и теплоэнергии (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 соот-

ветствии с Руководящими принципами МГЭИК (МГЭИК, 20016). Средние доли жидких, твердых и газообразных топлив, сжигаемых в подкатегориях 1.A.1.a, 1.A.1.b и 1.A.1.c, определены за период 2005-2013 гг. В соответствии с полученными долями суммарные объемы жидкого, твердого и газообразного топлив, сжигаемых в энергетической промышленности в 1990-2004 годах, распределены по подкатегориям. Выбросы парниковых газов для каждой подкатегории источников рассчитаны на основании полученных значений потребления твердого, жидкого и газообразного топлив с использованием вмененных коэффициентов эмиссии (IEF) для CO₂, N₂O и CH₄, определенных для каждого года отдельно с учетом удельных вкладов отдельных топлив.

Начиная с кадастра 2015 года, 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 (89,1%) в выбросы диоксида углерода в категории «Энергетическая промышленность» (1.A.1) вносит сжигание топлива при производстве тепло- и электроэнергетики (рис. 3.6). Подкатегория 1.b. – «Сжигание топлива при перегонке нефти» вносит 5,6% в выбросы CO₂, а вклад подкатегории 1.c. – «Производство твердых топлив и другие энергетические отрасли», состоящие из производства кокса и сжигания топлива при добыче, составляет 5,3%.

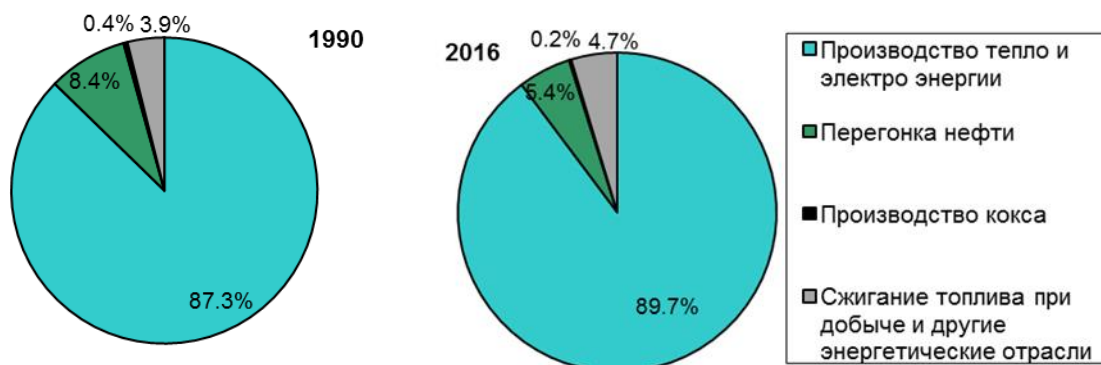


Рисунок 3.6 – Вклад подкатегорий 1.A.1.a, 1.A.1.b, 1.A.1.c в выбросы CO₂ при сжигании топлива в энергетической промышленности

Для оценки эмиссии CO₂ при сжигании топлива в энергетике страны в предыдущих кадастрах использовались национальные коэффициенты эмиссии, рассчитанные по соотношению доли углей различных марок в общем потреблении угля предприятиями электроэнергетики. Начиная с кадастра 2015 года в соответствии с рекомендацией группы экспертов РКИК ООН был рассчитан временной ряд национальных коэффициентов выбросов CO₂ 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 CO₂ при сжигании других топлив (кроме природного газа), а также для оценки выбросов других парниковых газов использовались коэффициенты эмиссии, рекомендованные МГЭИК (МГЭИК, 2006).

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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всего	79,0	74,0	76,9	79,5	80,2	75,0	79,5	80,3	81,9	77,2	77,1	73,7	72,8
Жидкое топливо	60,1	47,7	40,3	36,3	34,9	34,2	33,1	31,2	31,2	35,2	35,2	35,8	32,4
Твердое топливо	72,6	64,5	63,3	63,8	70,2	64,3	62,4	64,2	68,2	61,8	58,5	60,9	58,9
Газ	88,6	87,3	95,6	101,6	100,4	93,9	103,1	104,5	105,4	98,7	99,9	92,2	92,6
Другие топлива	132,4	188,7	226,8	191,5	217,0	226,2	261,8	255,6	273,1	245,3	276,2	278,4	305,3
Торф	46,6	51,1	30,5	25,5	18,0	16,8	21,3	29,7	24,6	24,6	25,4	21,0	22,0

Обращает на себя внимание тот факт, что потребление газа в энергетической промышленности, начиная с 2007 года, было практически равно или немного превышало уровень 1990 года, в последние годы потребление газа в энергетической промышленности немного сократилось. В 2016 году потребление газа составило 92,2% по отношению к 1990 году, что на 0,4% больше, чем в 2015 году, но существенно меньше, чем в предыдущие годы. Сокращение потребления газа вызвано общим сокращением производственных мощностей. При этом потребление жидкого и твердого топлива в 2016 сократилось по отношению к 1990 году, соответственно, на 68% и 41%. По сравнению с 2015 годом отмечается общее сокращение потребления топлива в энергетической промышленности на 1%, а потребление жидкого и твердого топлив соответственно сократилось на 3,4 и на 1,9%.

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	1.A.1.a	1.A.1.b	1.A.1.c.i	1.A.1.c.ii
Нефть	24253,24			12304,74
Дизельное топливо	59056,72	1882,57		119503,06
Мазут	154101,12	70180,65		8,03
Сжиженный газ	786,82	13937,32		542,95
Газ нефтеперерабатывающий, сухой	40536,81	440743,81		
Антрацит	66891,76			1592,36
Коксующийся уголь	418643,23			9965,79
Каменный уголь	1077799,91			25656,98
Бурый уголь	845878,34			186,47
Торф	9578,95			2,99
Угольные брикеты	82,65			
Кокс металлургический сухой	84,14			
Газ горючий искусственный коксовый	73480,07		39177,34	60,14
Природный газ	8128991,99	112792,94		447255,28
Промышленные отходы	156807,38	17024,78		
Всего¹⁾	11083080,35	695248,10	39177,34	618701,72
Биомасса	26726,42			4,68

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 Другие сектора промышленности (1.A.2.f). Суммарная эмиссия парниковых газов от подсектора в 2016 году составила 168937,15 Гг CO₂-экв., из них 99,6% приходится на выбросы CO₂. Выбросы от сжигания топлива в промышленности составили 11,9% выбросов диоксида углерода от всего сжигания топлива. Временной тренд выбросов от сжигания топлива в промышленности приведен на рисунке 3.7.

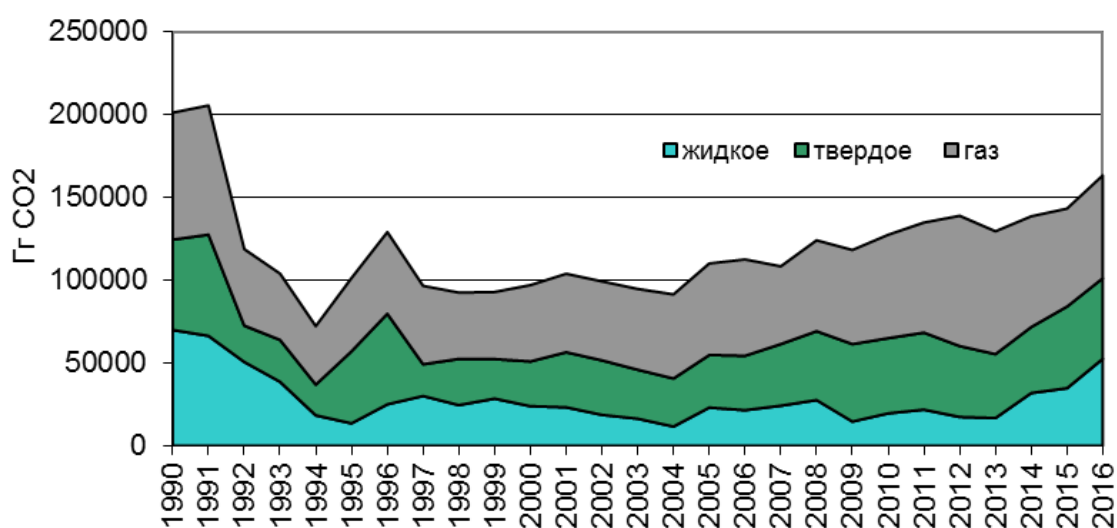


Рисунок 3.7 – Выбросы CO₂ при сжигании топлива в промышленности, Гг.

Методологические вопросы

Российская национальная статистическая отчетность в целом соответствует требуемой детализации и распределению данных. В категорию Другие сектора промышленности (1.A.2.f) 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 общероссийским классификатором видов экономической деятельности (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 года совместно. В связи с указанными изменениями структуры отчетности по исходным данным, значительно изменился и вклад различных промышленных производств в суммарный выброс CO₂ от категории 1.A.2 «Промышленное производство и строительство» (рис. 3.8).

В 1990 году суммарный вклад черной и цветной металлургии составил 37% выбросов CO₂ от категории промышленное производство, а в 2016 году сократился до 25%. Вклад химического производства сократился на 7%, а пищевой промышленности – на 4%. Вклад других видов промышленности, включая текстильное производство, производство кожи, рези-

новых, пластмассовых и других неметаллических изделий, машиностроение, производство транспортных средств и строительство, увеличился на 22%.

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.

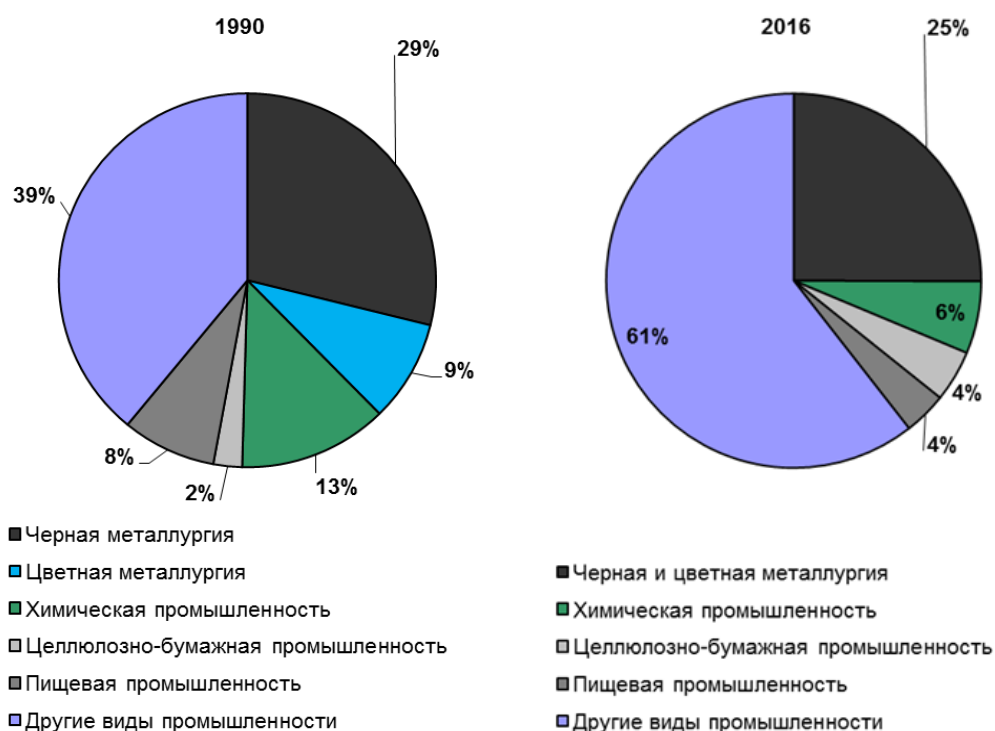


Рисунок 3.8 – Вклад различных промышленных производств, в суммарный выброс CO_2 в категории «Промышленное производство и строительство» (1.A.2) в базовом году и последнем году, представленном в кадастре

По рекомендации группы экспертов РКИК ООН, выбросы от сжигания топлива при производстве тепло- и электроэнергии на промышленных предприятиях для собственных нужд после 2005 года перенесены в категорию «Промышленное производство» (1A2) из категории «Энергетическая промышленность» (1A1). Поскольку информация о потреблении топлива автопроизводителями тепла и электроэнергии 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.A.2.f). В дальнейшем планируется перенести выбросы от автопроизводителей тепла и электроэнергии на промышленных предприятиях в категорию «Промышленное производство» (1A2) для всего временного ряда. В остальные годы (1990-2004), в связи с изменением структуры ТЭБ, выбросы от производителей энергии для собственных нужд уже учтены в соответствующих отраслях промышленности.

Выбросы от использования кокса в черной металлургии учитываются в категории источников «Черная металлургия» сектора Промышленные процессы (2.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 национального доклада о кадастре. В связи с пересчетами в секторе Промышленные процессы, произведен перерасчет кокса, включенного в расчеты в энергетическом секторе. Начиная с 2012 года в металлургическом производстве используется пылеугольное дутье, применение которого позволяет сократить расход кокса. Уголь, применяемый в процессе пылеугольного дутья, исключен из расчетов в секторе энергетика в 2012-2016 гг. Подробнее причины и методика пересчета описаны 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 за период с 1991 по 2016 гг. в процентах к 1990 году. Сжигание природного газа на промышленных производствах в 2016 году составляет 75% от уровня 1990 года. Использование твердого топлива для энергетических целей на промышленных предприятиях в 2015 году составляет 89% от уровня 1990 года, а жидкого – 50%. По сравнению с прошлым годом значительно возросло потребление твердого топлива, так же продолжился рост потребления жидкого топлива.

Таблица 3.13

Сжигание топлива в промышленности в % к 1990г.

	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всего	54,7	67,0	73,9	63,6	69,7	67,8	74,9	78,2	70,5	66,9	69,0	69,9	77,9
Жидкое топливо	18,3	34,0	33,4	34,9	39,8	21,2	28,4	31,6	25,3	24,2	45,9	49,9	75,4
Твердое топливо	86,7	110,8	118,7	97,6	99,8	106,2	113,8	114,7	72,2	68,6	69,4	80,7	79,4
Газ	57,7	60,1	72,1	61,2	71,6	74,2	81,4	86,7	102,6	96,7	87,2	77,2	81,0
Другие топлива	35,4	20,4	15,4	13,1	8,0	9,6	7,5	7,4	7,6	12,0	4,3	4,6	4,7
Торф	550,0	75,0	201,5	50,0	3450,0	482,8	2527,9	589,9	438,6	317,9	317,9	334,9	370,6

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 национального доклада о кадастре (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

	1.А.2.а	1.А.2.с	1.А.2.д	1.А.2.е	1.А.2.ф
Нефть	104,77		31047,65	108,97	523,87
Дизельное топливо	18264,79	5265,26	9812,33	24711,44	516964,08
Мазут	13274,06	1152,35	7307,56	4203,85	27596,07
Сжиженный газ	851,24	501,54	142,64	1826,71	3418,76
Газ нефтеперерабатывающий, сухой		6158,99			
Антрацит	5817,43	162,25	28,55	148,16	7583,93
Коксующийся уголь	36408,46	1015,46	178,71	927,28	47463,59
Каменный уголь	93733,84	2614,30	460,09	2387,30	122195,63
Бурый уголь	1670,77			663,83	37219,33
Торф		11,93			160,39
Угольные брикеты					19,34
Кокс металлургический сухой	61055,72	2646,12		266,93	4888,95
Газ горючий искусственный коксовый	105704,66	49820,31			2627,75
Природный газ	237270,15	117747,71	31047,65	55506,98	700746,83
Промышленные отходы	18311,39	375,14	9560,14	3083,16	2602,51
Всего¹⁾	592603,44	191862,57	100382,92	94925,91	1495731,08
Биомасса	42,88	129,41	1223,94	168,39	1451,58

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, 1997; МГЭИК, 2006). Суммарный выброс парниковых газов от сектора «Транспорт» в 2016 году составил 256 126,34 Гг CO₂-экв. (из них 98,6% приходится на выбросы CO₂). Эмиссия диоксида углерода при сжигании топлива транспортом определяет 18,1 % суммарных выбросов при сжигании топлива. Изменение выбросов CO₂ от транспортного сектора за период с 1990 по 2016 гг. и относительный вклад жидкого и газообразного топлива представлен на рисунке 3.9.

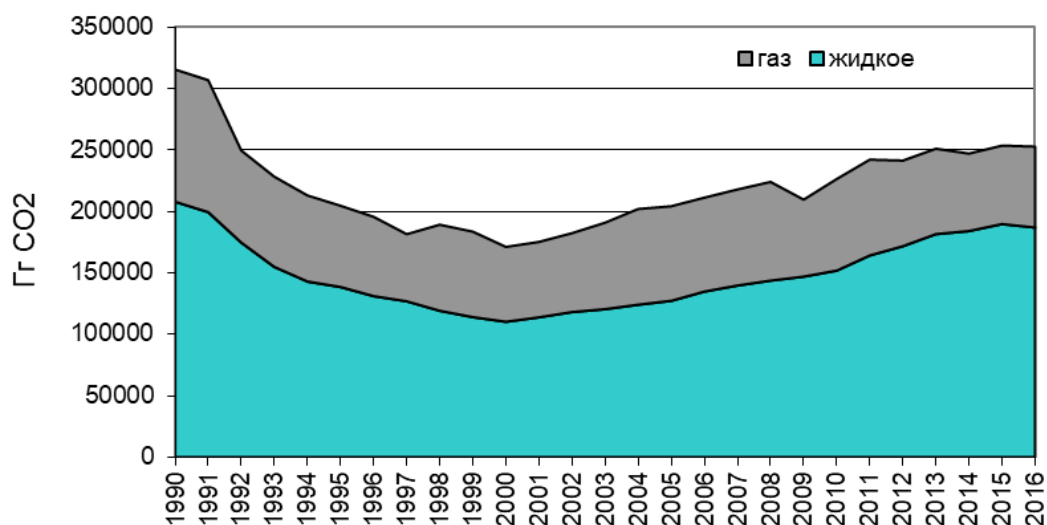


Рисунок 3.9 – Выбросы CO₂ от транспортного сектора, Гг

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).

Начиная с кадастра 2014, внесены изменения в расчет выбросов от внутренней навигации. В предыдущих кадастрах количество мазута и дизельного топлива, используемое для международного бункера, было вычтено из того количества этих топлив, которое в национальной статистике отнесено к водному транспорту. 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 CO₂ от сжигания топлива на транспорте вносят дорожный и трубопроводный транспорт (рис. 3.10).

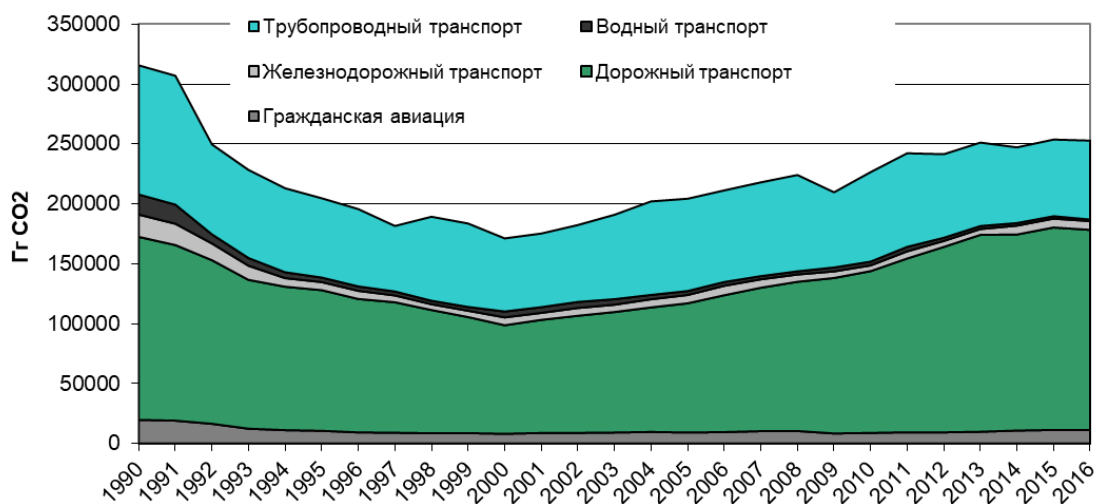


Рисунок 3.10 – Вклад различных видов транспорта в суммарный выброс CO₂ от категории «Транспорт» (1.A.3)

3.2.4.3.3 – Исходные данные.

В таблице 3.15 приведено изменение объемов сжигаемого топлива в транспортном секторе с 1991 по 2016 год в процентах 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. 3.16).

В кадастре 2018 года в соответствии с рекомендацией экспертов по проверке (issue E1, E3, ARR RUS, 2017) проведено восстановление временного ряда потребления нефти трубопроводным транспортом для 1990 и 1991 годов. Экстраполяция проведена с использованием в качестве драйвера общего объема транспортировки нефти. Полученные в результате экстраполяции объемы нефти, сжигаемые при транспортировке по трубопроводам, для сохранения баланса топливно-энергетических ресурсов исключены из расчетов выбросов в категории 1А5 – другие, не учтенные ранее, источники выбросов. Таким образом, проведенные перерасчеты не отразились на суммарных значениях потребления топлива и выбросов парниковых газов в 1990 и 1991 годах, а также, в силу незначительности выделенных объемов нефти, проведенные перерасчеты не сказались и на соотношении вкладов различных категорий в суммарный выброс от сжигания топлива. Тем не менее, это позволило соблюсти принцип однородности временных рядов, заложенный в Руководящих принципах МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Оценка потребления топлива воздушным транспортом производится расчетным путем по данным о налете самолето-часов Федерального агентства воздушного транспорта 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.А.5 – Другие, не учтенные ранее источники.

Таблица 3.15

Сжигание топлива транспортом в % к 1990г.

	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всего	64,6	54,5	65,5	69,6	71,5	65,6	71,6	76,4	75,3	78,0	76,3	78,3	78,2
Жидкое топливо	66,7	53,1	61,3	67,4	69,3	70,8	73,2	79,1	82,7	87,4	88,7	91,5	90,1
Газ	61,5	56,6	71,5	72,7	74,6	58,2	69,3	72,5	64,7	64,6	58,6	59,4	61,2

Таблица 3.16

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

Топливо	Расход, ТДж
Гражданская авиация	
Авиационный керосин ¹⁾	157 144,66
Дорожный транспорт	
Бензин	1 505 452,37
Дизельное топливо	749 166,67
Сжиженный газ	17 968,05
Другие моторные топлива	11 948,12
Всего	2 284 535,21
Железнодорожный транспорт	
Дизельное топливо	96 903,67
Мазут	1 646,21
Другие моторные топлива	4,3082172
Всего	98 554,19

Продолжение таблицы 3.16

Топливо	Расход, ТДж
Водный транспорт	
Дизельное топливо	14 444,40
Мазут	3 083,63
Другие моторные топлива	16,03
Всего	17 544,06
Трубопроводный транспорт	
Природный газ	1 210 381,51
Нефть	314,32
Всего	1 210 695,83

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

3.2.4.3.4. Выбросы от внутренней гражданской авиации.

В 2016 году совокупная эмиссия CO₂, CH₄ и N₂O от сжигания топлива во внутренней гражданской авиации составила 11,33 млн. т (11 331,5 Гг) CO₂-экв., что на 43,2% ниже, чем в 1990 году. В компонентном составе выбросов преобладает CO₂, на долю которого в 2016 году приходилось 99,1% совокупного выброса. Эмиссии CH₄ и N₂O в 2016 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 Федерального агентства воздушного транспорта.

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):

$$FC(t) = \sum_x FT_x(t) \cdot FR_x, \quad (3.4)$$

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 2016 гг. были предоставлены Федеральным агентством воздушного транспорта (Росавиация) 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. С 2000 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.

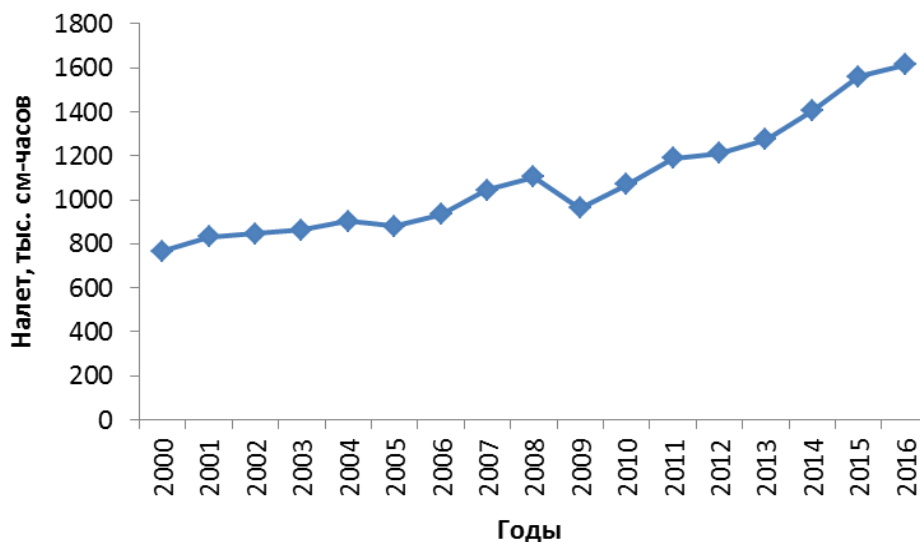


Рисунок 3.11 – Суммарный налет воздушными судами во внутреннем сообщении

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.

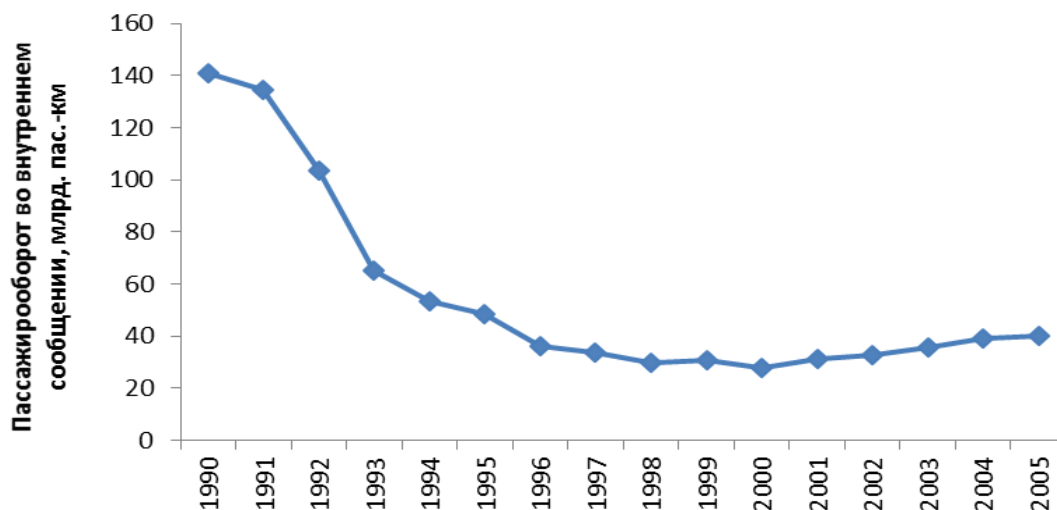


Рисунок 3.12 – Пассажирооборот во внутреннем сообщении.

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

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

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 ($1,47 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$);

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

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

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 $1,47 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$ и коэффициента пересчета в теплотворную способность, равного $0,0293 \text{ ТДж} \cdot \text{т.у.т.}^{-1}$ (Методологические положения, 1999). 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 $NMVOС$) рассчитывали по данным о потреблении топлива по методу уровня 1 и рекомендуемым МГЭИК величинам коэффициентов эмиссии: $250 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для NO_x , $100 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для CO , $50 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для $NMVOС$ (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006).

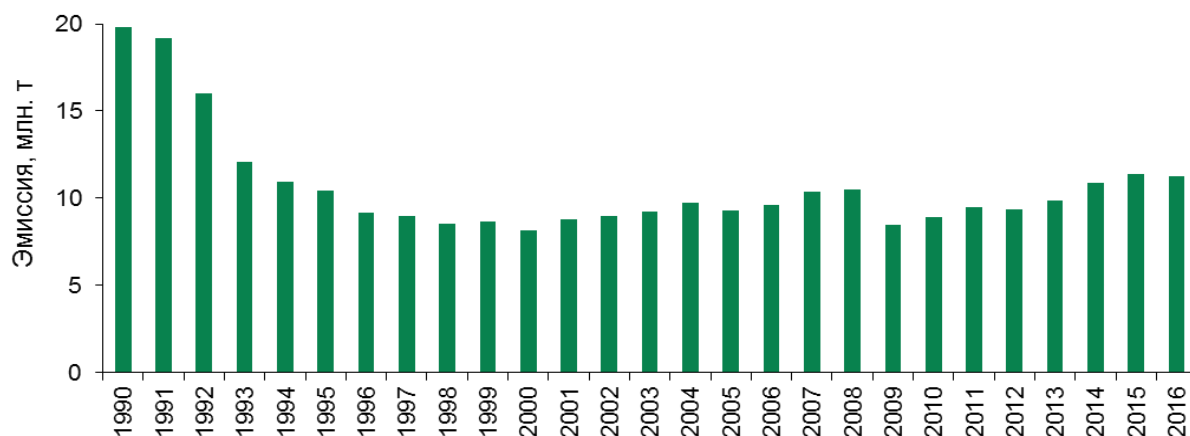
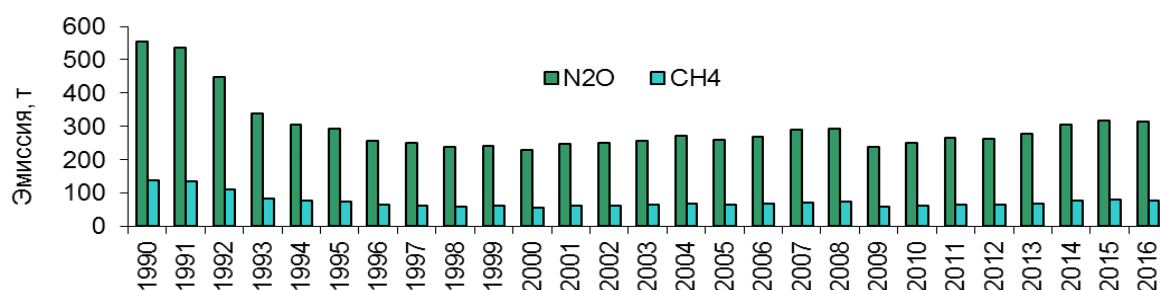
Таблица 3.17

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 , $\text{т} \cdot \text{ТДж}^{-1}$	Коэффициент эмиссии CH_4 , $\text{т} \cdot \text{ТДж}^{-1}$	Коэффициент эмиссии N_2O , $\text{т} \cdot \text{ТДж}^{-1}$
Авиационный керосин	71,5	0,0005	0,002

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

Расчетные значения выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O от национальной гражданской авиации представлены на рисунках 3.13 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 2016 году эмиссия CO_2 составила 11,2 млн. т., что на 43,2% ниже уровня 1990 (рис. 3.13). Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд CO_2 , а величины их эмиссии в 2016 году составили 79 т и 314 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 2014-2015 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 2016 г. потребление топлива при осуществлении внутренних перелетов немного сократилось, что повлекло уменьшение выбросов парниковых газов на 1,3% относительно уровня 2015 г.

Рисунок 3.13 –Динамика эмиссии CO₂ от внутренней гражданской авиацииРисунок 3.14 – Динамика эмиссии CH₄ и N₂O 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 $\pm 7\%$. Как указывается в Руководящих указаниях МГЭИК по эффективной практике, неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ для разных видов топлив находится, как правило, в пределах $\pm 5\%$. Неопределенность коэффициента выбросов CH₄ для уровня 1 может быть от -57% до $+100\%$. Неопределенность коэффициента выбросов N₂O может составлять от -76% до $+150\%$ (МГЭИК, 2006). Согласованность временных рядов потребления 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 автотранспортного транспорта. Данный подход соответствует уровню 2 МГЭИК для CO₂ и уровню 3 для CH₄ и N₂O и газов предшественников - CO, NO_x, MNVOC. Оценка выбросов по модели Copert проведена для реперных годов – 1990, 2000, 2005, 2010 (Комков, 2015, Трофименко, 2015), в кадастре этого года проведен перерасчет выбросов по модели Copert для 2013, а так же проведен расчет для 2014-2016 гг.

Исходные данные

Данные о структуре автопарка, пройденном расстоянии и потреблении топлив по категориям автотранспортных средств были взяты из базы данных ГИБДД МВД РФ за 1990, 2000, 2005, 2010, 2013-2016 гг., Автостата, автомобильных справочников, научно-технических отчетов и данных периодической печати (ведущих автомобильных журналов). В статистических данных ГИБДД МВД РФ (форма №1-БДД) содержатся сведения о марочном и возрастном составе автомобильного парка РФ. Количество легковых, легких грузовых, тяжелых грузовых и автобусов, а также мото-транспортных средств в 2016 году принято в соответствии с данными ГИБДД МВД РФ (форма №1-БДД) за этот год (<http://stat.gibdd.ru/>). Методика разделения АТС по экологическим классам, потребляемому топливу, а также методические подходы к проведению модельных оценок суммарного потребления топлива каждой из категорий АТС, приведены в национальном докладе о кадастре за 1990–2013 гг. (НДК 2015). Начиная с 2013 года, в ГИБДД России была введена новая форма сбора и представления статистических данных, поэтому для соблюдения однородности расчетного ряда, в кадастре этого года был проведен перерасчет потребления топлива и выбросов парниковых газов за 2013 год. Разделение АТС в 2013-2016 году по потребляемому топливу было принято в следующем процентном соотношении: для легковых автомобилей 3,0 % дизельных автомобилей, для грузовых автомобилей и автобусов, массой <3,5 т – 20% дизельных АТС; а грузовых автомобилей и автобусов, массой >3,5 т – 80%. Разделение автопарка по экологическим классам проводилось исходя из возраста АТС и даты ввода экологического класса в эксплуатацию для каждого типа АТС. Сравнение полученных оценок потребления дизельного топлива и бензина, полученных для 1990, 2000, 2005, 2010, 2013 - 2016 гг. по расчетам с использованием международной методики Copert 4 (Copert III, 2000; Copert IV, 2005; ЕМЕР/ЕЕА, 2013), с данными Росстата о потреблении топлива дорожным транспортом, приведены в Таблице 3.18.

Таблица 3.18

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

Топливо	Источник	1990	2000	2005	2010	2013	2016
Бензин	Кадастр 2016 г, (данные Росстата)	1499230	880367	1068883	1405932	1484972	1522252
	Модельный расчет (кадастр 2016 г.)	1403827	866169	992154	1195634	1442642	1478479
Дизельное топливо	Кадастр 2016 г. (данные Росстата)	979284	145604	254935	402799	526878	690288
	Модельный расчет (кадастр 2016 г.)	658511	369360	470698	626149	788204	728865

При применении модельных расчетов значительно возрастает суммарное потребление дизельного топлива автотранспортом, по сравнению с данными приведенными в топливно-энергетическом балансе, при этом потребление бензина остается примерно таким же и даже немного сокращается для некоторых лет (табл. 3.18). В модельном расчете по сравнению с

Кадастром за 2016 год наблюдается небольшое повышение потребления бензина, связано это с тем, что в модельном расчете учитывается весь автопарк, принятый в соответствии с данными ГИБДД МВД РФ (форма №1-БДД). Но в России порядка 3 процентов технически неисправных автомобилей, не участвующих в дорожном движении, поэтому проводилась корректировка суммарного потребления бензина автотранспортом по данным ТЭБ.

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 годовичного изменения потребления топлива. Результаты расчета верифицировались и корректировались при помощи данных топливно-энергетического баланса РФ. В связи с проведением перерасчета выбросов и потребления топлива дорожным транспортом в 2013 году по модели Sorert 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 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). Для 1994-1997 и 2000-2013 гг. оцененный суммарный расход дизельного топлива дорожным транспортом превышал суммарное значение, отнесенное в ТЭБ к дорожному транспорту и категории «Другое», поэтому 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.

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 2016 в категорию «Дорожный транспорт» (1.A.3.b) из категории «Другие, не учтенные ранее источники» (1.A.5) было добавлено 96 088 ТДж дизельного топлива, при этом в категории «Другие, не учтенные ранее источники» оставшиеся потребление дизельного топлива составило 27 452 ТДж.

Объемы потребления топлива для сжиженного нефтяного газа и для других видов моторного топлива принимались по данным топливно-энергетического баланса.

Оценка выбросов CO₂

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

Расходы бензина и дизельного топлива определялись для каждого года сопоставлением данных статистики и результатов расчетов по программе Sorert 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 видов мобильных топлив и с применением коэффициентов выбросов CO₂, приведенных по умолчанию в Руководящих принципах МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Поскольку основным критерием расчета выбросов CO₂ 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 сектора (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 2016 году составил 158 526,94 Гг CO₂-экв., от других видов сжигания топлива, не учтенных ранее (1.A.5) – 25 240,026 Гг CO₂-экв. Всего от секторов 1.A.4 и 1.A.5 суммарный выброс парниковых газов составил 183 766,97 Гг CO₂-экв., из них 98,9% составляют выбросы диоксида углерода. Другие сектора экономики определяют 12,96% суммарных выбросов CO₂ от сжигания топлива. Динамика суммарных выбросов диоксида углерода от секторов 1.A.4 и 1.A.5 и изменение долевого вклада подкатегорий источников приведена на рисунке 3.15.

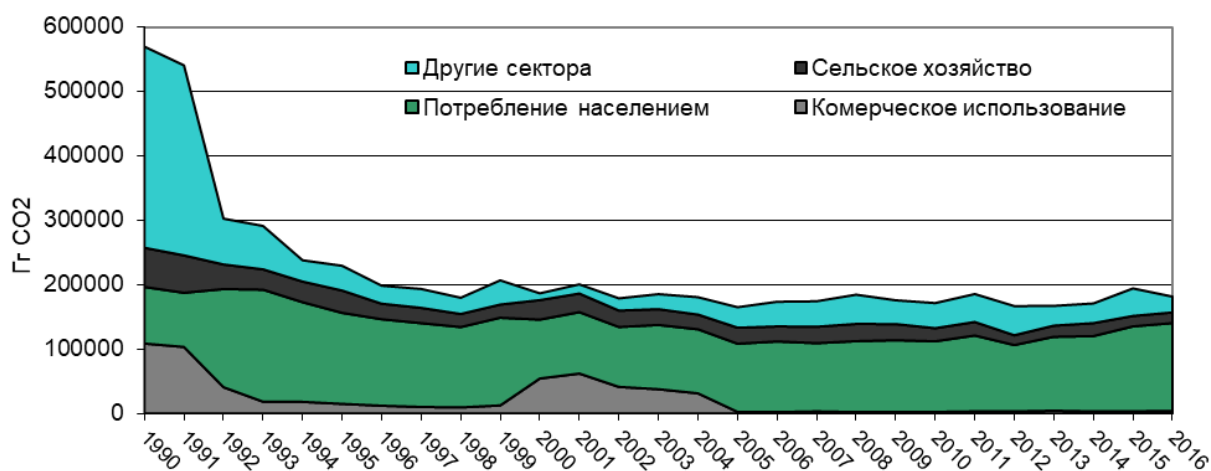


Рисунок 3.15 – Суммарные выбросы диоксида углерода от секторов 1.A.4 и 1.A.5, Гг CO₂

Методологические вопросы

Другие сектора включают выбросы парниковых газов при сжигании топлив при коммерческом использовании и использовании в учреждениях (1.A.4.a), потреблении населением (1.A.4.b) и в сельском хозяйстве/рыболовстве/лесном хозяйстве (1.A.4.c).

В подкатегории «Коммерческое использование» (1.A.4.a) 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.A.4.a также учтены все не моторные топлива, отнесенные в национальной статистике к транспорту.

К подкатегории 1.A.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.A.4.c) 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.A.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 сжи-

гание 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 3.19 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. 3.20).

Таблица 3.19

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

	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всего	46,8	38,7	35,1	37,4	38,9	37,4	36,7	39,5	35,3	36,2	36,8	41,5	39,9
Жидкое топливо	21,1	14,8	15,1	16,2	19,8	16,5	16,5	18,2	18,5	15,7	17,1	21,3	17,1
Твердое топливо	26,1	20,5	11,5	9,8	10,2	9,8	9,6	10,1	9,8	7,3	7,2	7,5	5,7
Газ	183,7	168,2	157,4	170,6	166,7	169,9	164,3	176,2	145,5	168,1	166,8	182,3	191,0
Другие топлива	0,0	12,2	8,9	12,5	7,4	94,9	82,2	74,1	72,5	68,9	65,4	35,3	50,3
Торф	2045,9	991,2	30,2	7,2	5,7	11,4	15,9	12,7	11,2	8,6	0,2	0,2	0,0

Таблица 3.20

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

	1.A.4.A	1.A.4.B	1.A.4.C	1.A.5
Нефть	67,06		326,90	209,55
Бензин			22174,77	
Дизельное топливо			126689,13	27452,35
Мазут	4697,72	4,02	18662,38	4316,28
Сжиженный газ	593,57	403427,58	2742,37	3455,57
Газ нефтеперерабатывающий сухой				
Антрацит	208,77	1980,30		1148,24
Коксующийся уголь	0,00	0,00		7186,30
Каменный уголь	4670,45	44301,60	2037,43	18501,18
Бурый уголь	504,21	10133,50	471,40	4021,78
Торф				2,93
Угольные брикеты	10,55			613,70
Кокс металлургический сухой	2,90	2,90		
Газ горючий искусственный коксовый				
Природный газ	61770,62	1937873,96	53504,78	94830,62
ТБО биогенные				
Промышленные отходы	35,17	413,24	2549,76	835,27
Всего	72561,02	2398137,11	236671,48	348513,25
Биомасса	725,01	36788,48	2429,96	42258,03
CH ₄ рекуперированный				20827,16
ТБО биогенное				
Биомасса всего	725,01	36788,48	2429,96	336931,49

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 CO₂

Оценка выбросов других, кроме CO₂, газов проводилась с использованием уровня 1, кроме выбросов от дорожного транспорта. Выбросы прочих парниковых газов – метана (CH₄) и оксида диазота (N₂O), а также косвенных парниковых газов – окислов азота (NO_x), оксида углерода (CO) и летучих неметановых органических соединений (ЛНОС) приведены для всего временного ряда.

Коэффициент выбросов для иных кроме CO₂ газов значительно зависит от используемой технологии сжигания. При применении уровня 1 использовались коэффициенты выбросов CH₄ и N₂O, приведенные в Руководящих принципах МГЭИК отдельно для каждой категории источников (МГЭИК, 2006).

В целом для подсектора «Сжигание топлива» (1.A) выбросы CH₄ и N₂O в 2016 году составляют всего 0,57% суммарного выброса парниковых газов. В 1990 году выбросы прочих парниковых газов при сжигании топлива составляли 0,92%. На рисунке 3.16 показан временной тренд выбросов CH₄ и N₂O при сжигании топлива, а на рисунке 3.17 – вклад различных категорий источников в суммарные выбросы метана и оксида диазота в 2016 году.

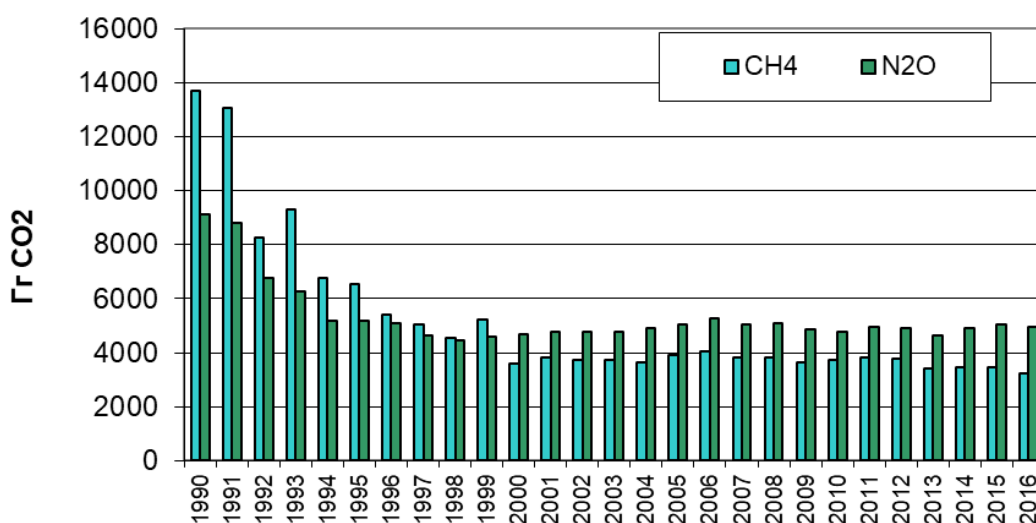


Рисунок 3.16 – Временной тренд выбросов CH₄ и N₂O при сжигании топлива

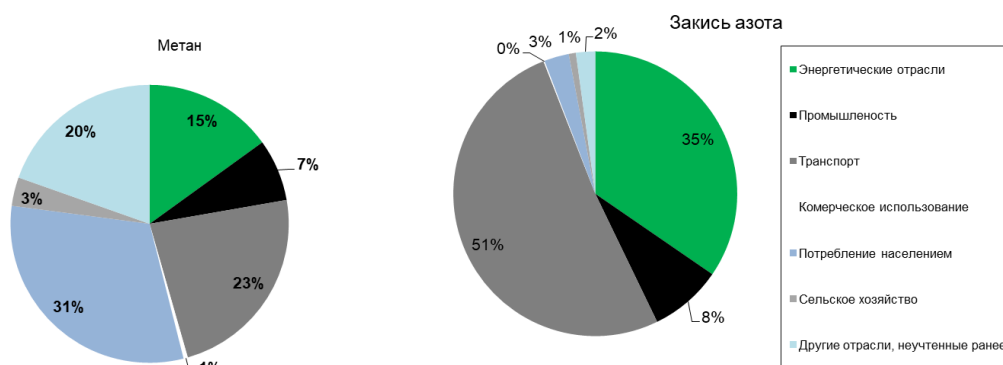


Рисунок 3.17 – Вклад различных категорий источников в выбросы метана и оксида диазота от сжигания топлива в последнем году, представленном в кадастре

С 1990 по 1998 год наблюдалось значительное снижение выбросов CH₄ и N₂O при сжигании топлива, а после 1999 года наступила относительная стабилизация уровня выбросов (рис. 3.16 и 3.17). Рост выбросов оксида диазота в последние годы обусловлен в значительной степени модернизацией парка автотранспортных средств и, как следствие, увеличением доли автомобилей класса выше Евро 0.

В 2016 году распределение выбросов метана между категориями источников достаточно равномерное. Основные вклады в выбросы CH_4 вносят сжигание топлива населением (31%), транспортом (23%), предприятиями других отраслей (20%) и энергетикой (15%). Эмиссия N_2O обусловлена в основном сжиганием топлива транспортом – 51% (из которых 62% обусловлены сжиганием топлива дорожным транспортом) и в энергетической отрасли (35%).

Временное изменение выбросов косвенных парниковых газов представлено на рисунке 3.18. Выбросы оксида углерода и летучих неметановых органических соединений в подсекторе 1.А., соответственно, на 88% и 83% обусловлены сжиганием топлива на транспорте (рис. 3.19). При этом более 97% выбросов CO и 94% выбросов ЛНОС от категории «Транспорт» обусловлено сжиганием топлива дорожным транспортом.

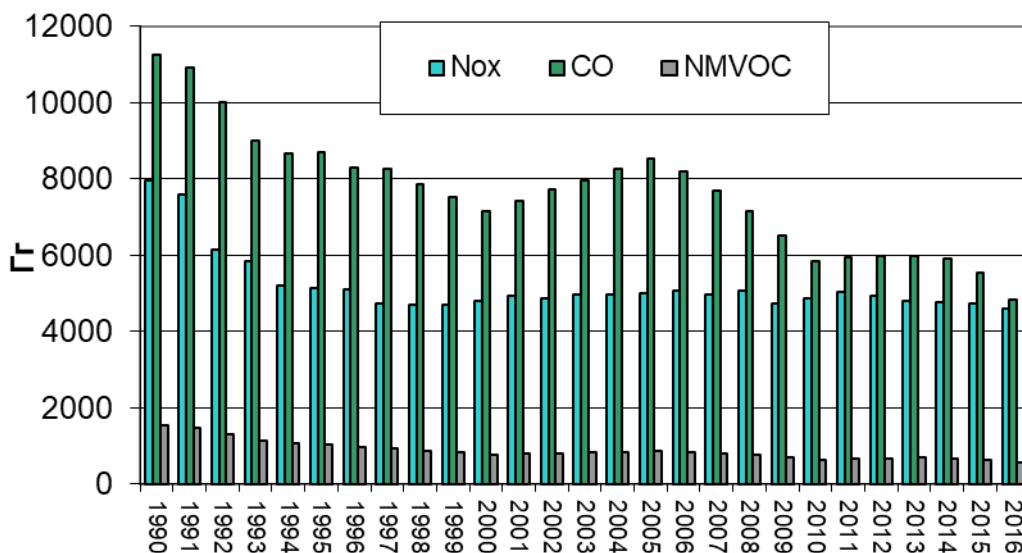


Рисунок 3.18 – Временной тренд выбросов газов с косвенным парниковым эффектом при сжигании топлива

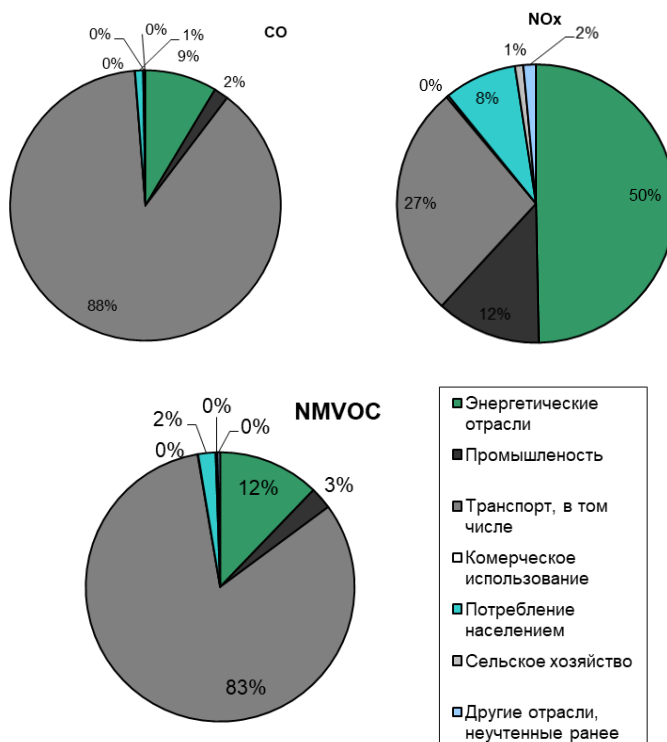


Рисунок 3.19 – Вклад различных категорий источников в выбросы газов с косвенным парниковым эффектом от сжигания топлива в последнем году, представленном в кадастре

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 2016 году 0,46 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, 2016) основывается на модели CORINAIR (позднее COPERT), разработанной Комиссией Европейского союза (ЕС) и рекомендуемой к использованию МГЭИК (МГЭИК, 2006). Программа COPERT 4, 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 4 на основании данных дорожной статистики (пробеги, классификация дорог и пр.) по группам транспортных средств, выполняющих нормы выбросов Евро-0,1,2,3,4,5, 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:

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

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), определяются по формуле 3.7:

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

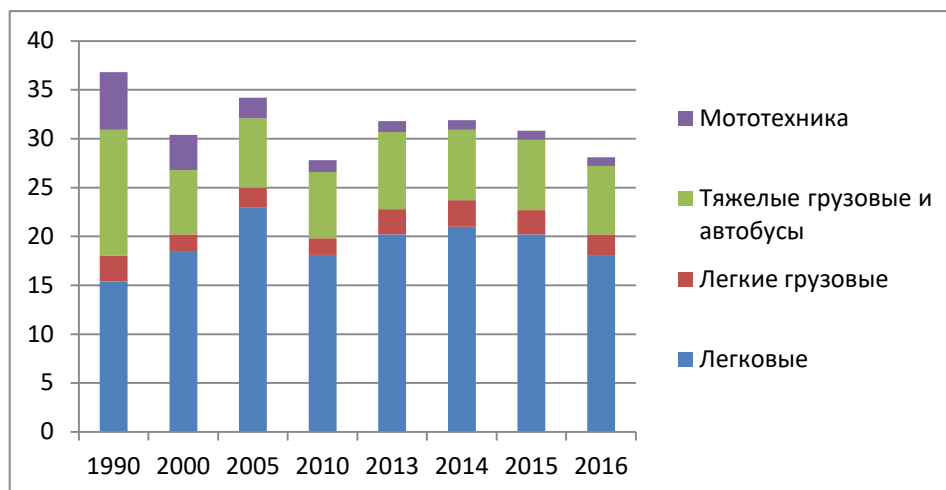
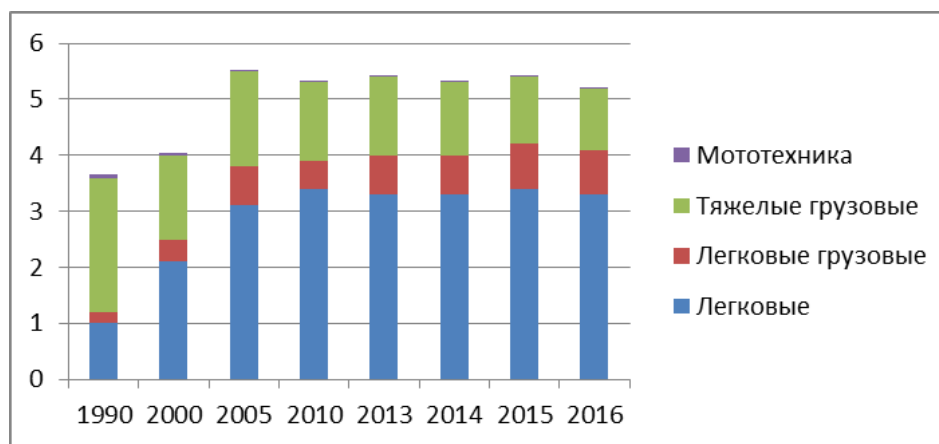
где: $E_{\text{hot } i, j, k}$ – выбросы i -го газа ТС класса j при движении по дороге типа k с прогретым двигателем и системой контроля выбросов;

N_j – количество ТС класса j , ед;

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

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

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 CH₄, тыс. тРисунок 3.21 – Результаты расчета выбросов N₂O, тыс. т

Расчеты показывают неравномерную по годам динамику выбросов метана (снижение от 7% в 2005 г., до 25% в 2010 г по сравнению с 1990 г., в 2016 году по сравнению с 2013 снижение выбросов метана составило 11,8%, а по сравнению с 1990 годом составило 23,8%). Выбросы N₂O в 2016 году по сравнению с 2013 годом уменьшились на 4,4% это связано с вводом экологического класса 5 в 2015 году и выбытием старых автомобилей из использования. Несмотря на относительное снижение, выбросы N₂O в 2016 году на 30,3% превысили выбросы 1990-го года. При этом у обоих веществ появляется скачок выбросов в 2005 г., обусловленный потреблением топлива, а связанный с тем, что максимальные факторы эмиссии (удельный пробеговый выброс) для CH₄ и N₂O 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 – 5. 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 N₂O 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 Corpert 4, 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 летучих органических соединений (ЛНОС) 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 ЛНОС вычисляются в течение каждого месяца и значения суммируются, чтобы получить годовые значения выбросов.

Результаты расчета, приведенные на рисунках 3.22 – 3.24, показывают в целом тенденцию снижения выбросов в 2016 г. по сравнению с 1990 г. (около 59,3% для CO, более 66,2% для неметановых углеводородов и до 30,9% по NO_x) из-за улучшения экологических характеристик подвижного состава. По сравнению с 2013 годом в 2016 году наблюдается небольшое снижение выбросов (около 22,8% для CO, более 19,3% для неметановых углеводородов и до 18,2% по NO_x). Это связано с вводом экологического класса 5 в 2015 году и выбытием старых автомобилей из использования. При этом наблюдается некоторый рост всех показателей в 2005г. вследствие резкого роста парка автомобилей низких экологических классов на данный период.

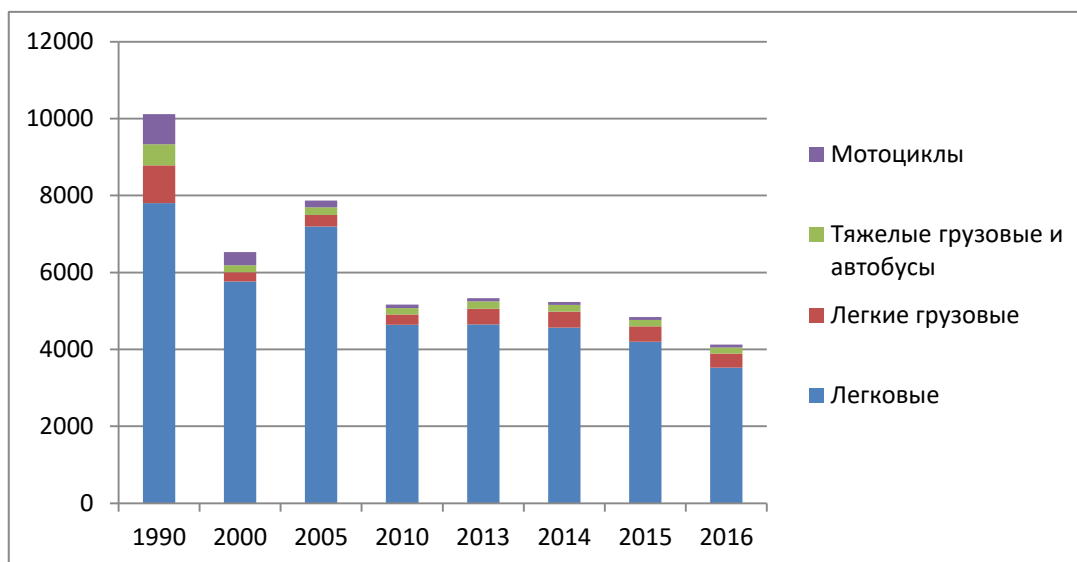


Рисунок 3.22 – Валовые выбросы CO по основным расчетным годам и категориям АТС, тыс. т

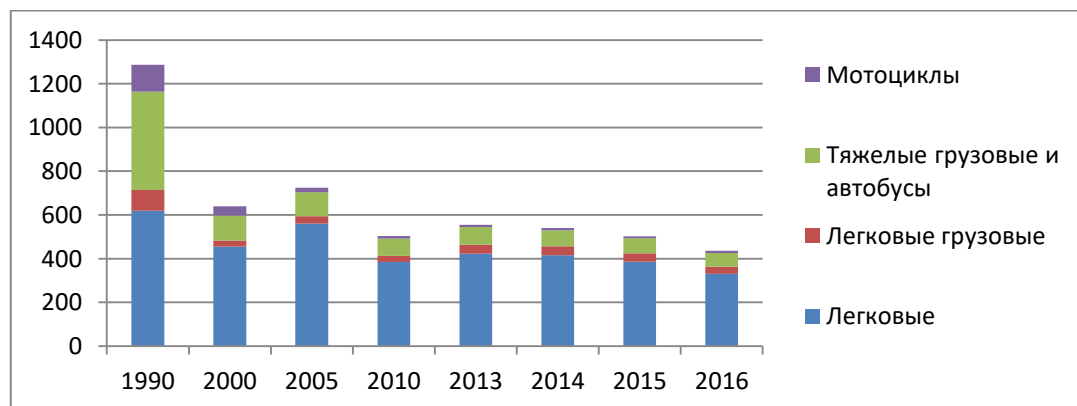


Рисунок 3.23 – Валовые выбросы ЛНОС по основным расчетным годам и категориям АТС, тыс.т

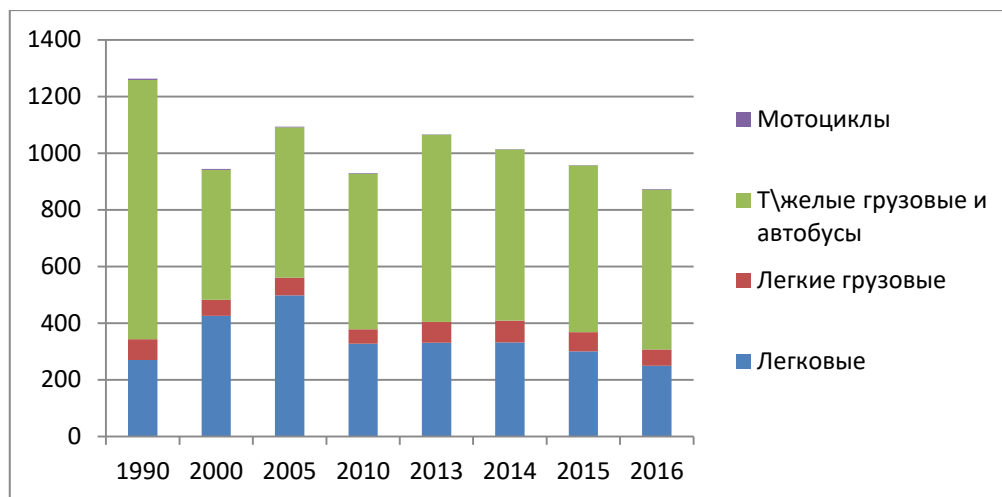


Рисунок 3.24 – Валовые выбросы NO_x по основным расчетным годам и категориям АТС, тыс. т

При проведении оценки выбросов CH₄, N₂O, 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.A. Как правило, при развитой системе национальной статистики уровень неопределенности всех данных о деятельности составляет $\pm 5\%$, кроме данных о биомассе и использовании топлив на транспорте. 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 $\pm 5\%$. Величина неопределенности данных об использовании топлив на транспорте была принята $\pm 10\%$, а неопределенность данных о биомассе – $\pm 20\%$.

Неопределенности коэффициентов выбросов CO₂ 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 CH₄ может достигать $\pm 50\%$, а для коэффициента выбросов N₂O может составлять от -40% до $+140\%$ (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006). Соответственно неопределенность коэффициентов эмиссии CO₂ была принята $\pm 7\%$. В свою очередь неопределенности коэффициентов эмиссии CH₄ и N₂O были приняты равными $\pm 50\%$ для всех категорий, кроме транспорта. Для транспорта, в связи с проведенными пересчетами по программам Corpert 4, величины неопределенности коэффициентов эмиссии CH₄ и N₂O были уменьшены и приняты равными $\pm 30\%$. Количественная оценка неопределенности выбросов парниковых газов для сжигания топлива (категория 1.A) выполнялась на основе приведенных выше величин неопределенностей данных о деятельности и параметров по уровню 1 методологии МГЭИК при доверительном интервале 95% (МГЭИК, 2000; МГЭИК, 2006). Расчеты показывают, что общая неопределенность оценок выбросов по категории источников 1.A в 2015 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 пере-

счета. 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 технического университета (МАДИ), Энергетического углеродного фонда РАО ЕЭС России и Международного энергетического агентства.

В ответ на рекомендации группы экспертов по проверке, в кадастре проведена экстраполяция данных о сжигании нефти при транспортировке по трубопроводам в категории 1.А.3.е – трубопроводный транспорт для 1990 и 1991 годов. Экстраполяция проведена с использованием в качестве драйвера общего объема транспортировки нефти. Полученные в результате экстраполяции объемы нефти, сжигаемые при транспортировке по трубопроводу, для сохранения баланса топливно-энергетических ресурсов исключены из расчетов выбросов в категории 1А5 – другие, не учтенные ранее, источники выбросов. Таким образом, проведенные перерасчеты не отразились на суммарных значениях потребления топлива и выбросов парниковых газов в 1990 и 1991 годах, а также, в силу незначительности выделенных объемов нефти, проведенные перерасчеты не сказались и на соотношении вкладов различных категорий в суммарный выброс от сжигания топлива. Тем не менее, это позволило соблюсти принцип однородности временных рядов, заложенный в Руководящих принципах МГЭИК (МГЭИК, 2006).

В настоящем кадастре проведены расчеты по методологии Руководящих принципов МГЭИК 2006 года (МГЭИК, 2006). По сравнению с кадастром предыдущего года проводились следующие перерасчеты:

- расход кокса в подкатегории 1.А.2.а – Черная металлургия для всего временного ряда, связанный с перерасчетом данных о использовании кокса в секторе Промышленные процессы, категория 2С – Металлургия;

- расход природного газа в подкатегории 1.А.2.а – Черная металлургия для всего временного ряда, связанный с перерасчетом данных о использовании газа при производстве железа прямого восстановления в секторе Промышленные процессы, категория 2С – Металлургия и в связи с тем, что в кадастре этого года впервые из расчетов в секторе Энергетика (подкатегории 1.А.2.а – Черная металлургия) исключен природный газ, используемый в доменном производстве и при производстве стали и агломератов в черной металлургии;

- расхода топлива и выбросов ПГ от сжигания отходов и биомассы для всего временного ряда в подкатегории 1А5 – Другие неучтенные ранее выбросы. В кадастре этого года 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 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, поэтому дополнительное включение рассчитанных в секторе Отходы объемов ТБО приводило к двойному счету. Подробное описание причин и методики перерасчетов приведено в главе Отходы;

- расход топлива и выбросы ПГ газов от автотранспорта пересчитаны для 2013-2015 гг. с применением программного комплекса Copert IV, на основе данных о структуре автопарка ГИБДД по методике, описанной в разделе «Дорожный транспорт». Соответственно пересчи-

таны расходы топлив и выбросы для 2011 и 2012 года, которые определяются интерполяцией между 2010 и 2013 гг.;

- в связи с перерасчетом расхода дизельного топлива в категории дорожный транспорт, проведена соответствующая корректировка расхода топлива в категории 1.A.2 - промышленные процессы и строительство;

- в выбросы предшественников (NO_x , CO и NMVOC) в категории 1.A.2.f – другие отрасли промышленности добавлены выбросы от доменного газа, неучтенные ранее.

В ответ на рекомендации группы экспертов по проверке кадастра, в Национальный доклад о кадастре этого года включено 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. Исходные данные).

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 и 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 2016 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 2016 году совокупный выброс CO_2 , CH_4 и N_2O составил 42,0 млн. т (42 046,4 Гг) CO_2 -экв., что в 2,4 раза больше, чем в 1990 году. В компонентном составе выбросов преобладает диоксид углерода, на долю которого в 2016 году приходилось 99,5 % совокупного выброса. Выбросы метана и оксида диазота составили 0,1 % и 0,4 % соответственно.

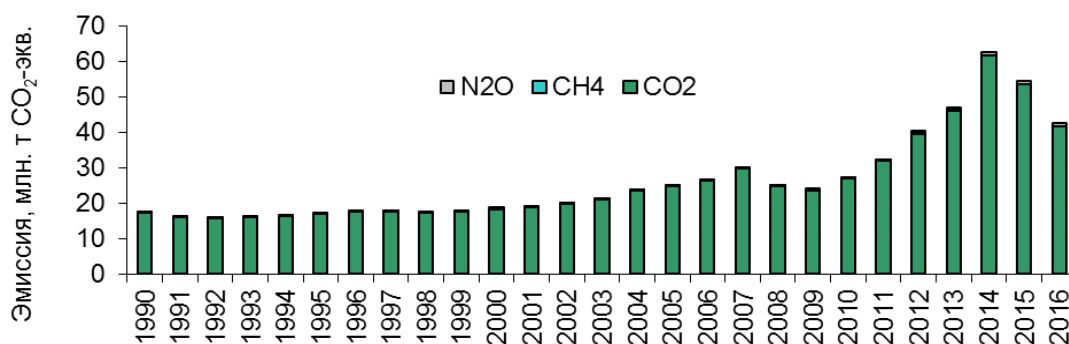


Рисунок 3.25 – Динамика выбросов парниковых газов от международного бункерного топлива

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 2016 году выбросы от морского транспорта составили около 80% совокупной эквивалентной эмиссии парниковых газов от международного бункерного топлива (рис. 3.26).

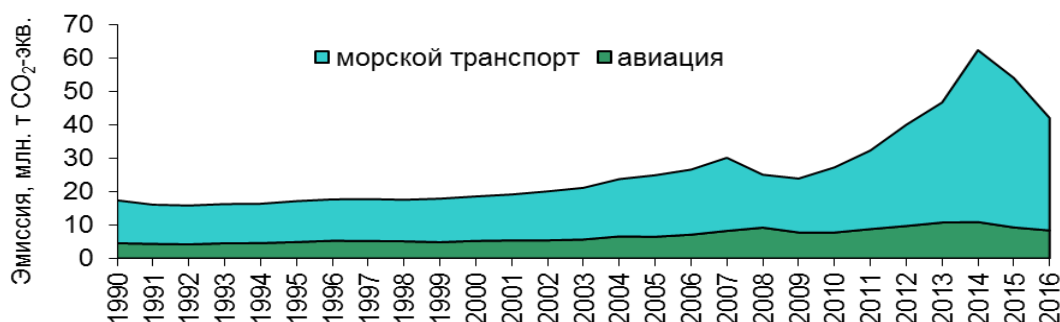


Рисунок 3.26 – Совокупный эквивалентный выброс парниковых газов при использовании международного бункерного топлива

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 Федерального агентства воздушного транспорта 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 Российской Федерации за рубеж с 2000 по 2016 гг. были предоставлены Федеральным агентством воздушного транспорта (Росавиация) 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).

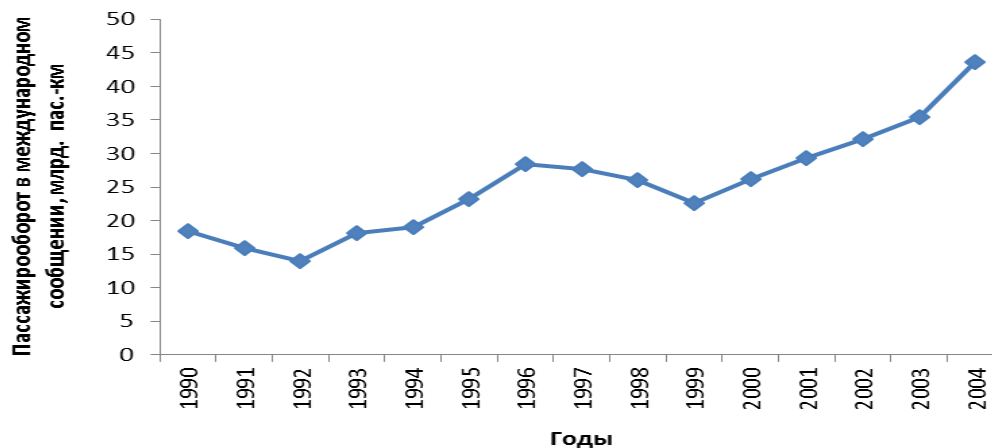


Рисунок 3.27 – Пассажирооборот в международном сообщении

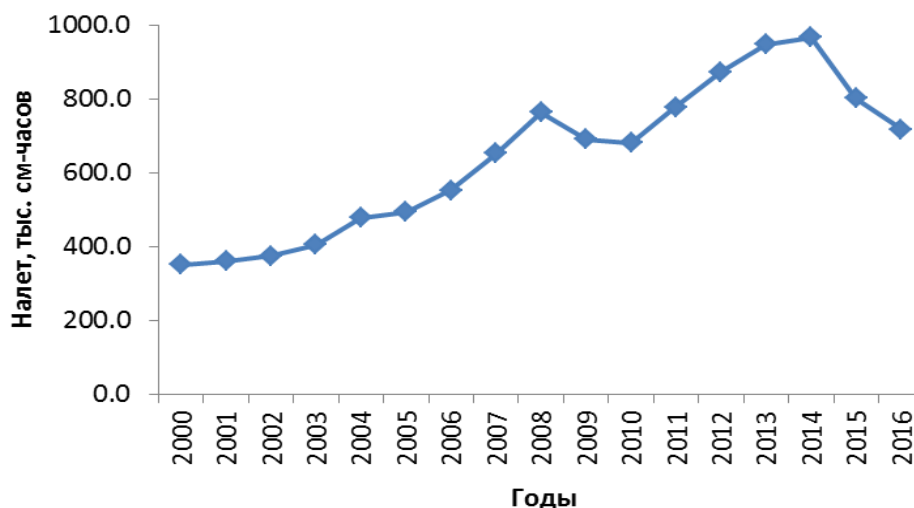


Рисунок 3.28 – Суммарный налет в международном сообщении

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 ($1,47 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$) и теплотворную способность ($0,0293 \text{ ТДж} \cdot \text{т.у.т.}^{-1}$) (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: $250 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для NO_x , $100 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для CO и $50 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ 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 2014 году. В 2016 году эмиссия CO_2 составила 8,3 млн. т, что выше уровня 1990 года в 1,8 раза (рис. 3.29). Динамика выбросов обусловлена межгодовой изменчивостью потребления топлива в международном авиационном сообщении. Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд CO_2 . Величины эмиссии метана и оксида диазота в 2016 году составили 58,1 и 232,6 т соответственно (рис. 3.30). Снижение выбросов парниковых 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).

Выбросы предшественников озона (NO_x , CO , ЛНОС) приведены в соответствующих таблицах ОФД для временного ряда с 1990 по 2016 гг. отдельно для международной авиационной и морской деятельности. Анализ показал, что эмиссия предшественников озона проявляет сходные тенденции, что и газы с прямым парниковым эффектом.

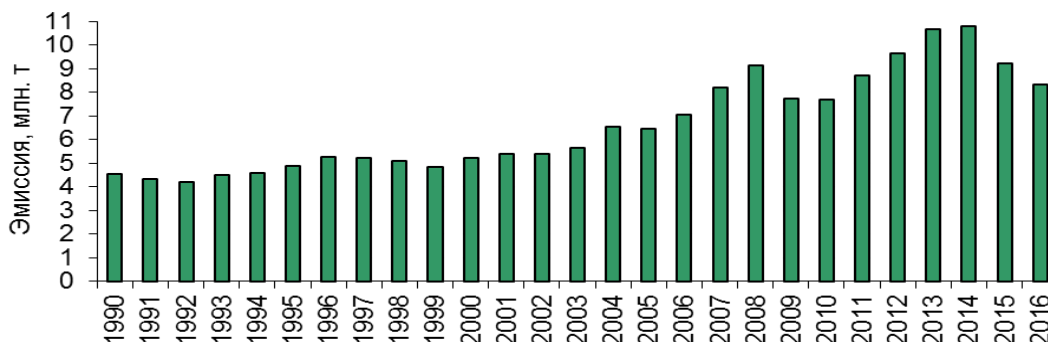


Рисунок 3.29 – Динамика выбросов диоксида углерода от авиационного бункерного топлива

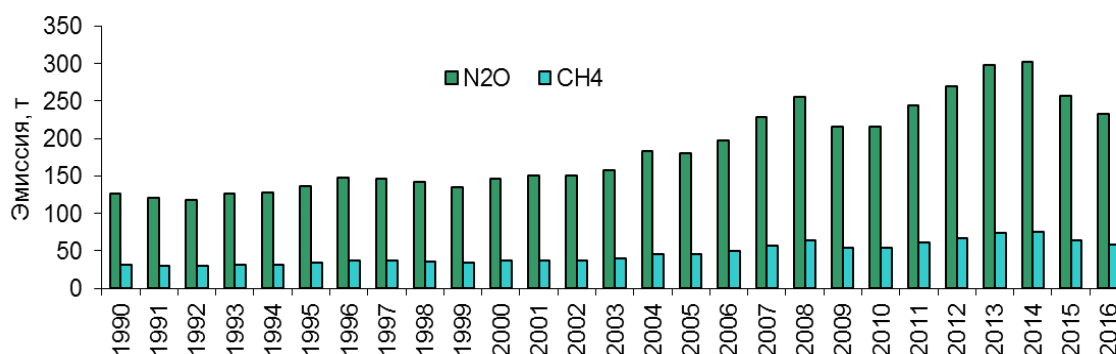


Рисунок 3.30 – Динамика выбросов CH₄ и N₂O от авиационного бункерного топлива

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 для осуществления международных морских и речных перевозок. В своих оценках ИАА «ПортНьюс» основывается на данных Федеральной таможенной службы России, администраций морских портов, ФГУП «Росморпорт», российских судоходных и бункеровочных компаний. Данные ИАА «ПортНьюс» доступны за 2005-2016 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):

$$E_{CO_2, CH_4, N_2O} = \sum (FC_m \cdot CF_{TCE} \cdot CF_{NCV} \cdot EF_{CO_2, CH_4, N_2O}), \quad (3.8)$$

где: E_{CO_2, CH_4, N_2O} – величина эмиссии CO₂, CH₄, N₂O, 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_{CO_2, CH_4, N_2O} – коэффициент эмиссии CO₂, CH₄, N₂O, т • ТДж⁻¹

¹⁴<http://portnews.ru/>

Пересчет тонн топлива в тепловой эквивалент производился при помощи коэффициентов пересчета в тонны условного топлива для мазута и дизельного топлива, равных $1,43 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$ и $1,45 \text{ т.у.т.} \cdot \text{т}^{-1}$ соответственно и коэффициента пересчета в теплотворную способность, равного $0,0293 \text{ ТДж} \cdot \text{т.у.т.}^{-1}$ (Методологические положения, 1999). В расчетах были использованы рекомендуемые МГЭИК коэффициенты эмиссии CO_2 , CH_4 и N_2O (табл. 3.21). Выбросы NO_x , CO и NMVOC рассчитывали по данным о потреблении топлива по методу уровня 1 и рекомендуемым МГЭИК коэффициентам эмиссии: $1500 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для NO_x , $1000 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для CO , $200 \text{ кг} \cdot \text{ТДж}^{-1}$ для NMVOC (МГЭИК, 2000).

Таблица 3.21

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

Вид топлива	Коэффициент эмиссии, $\text{CO}_2, \text{т} \cdot \text{ТДж}^{-1}$	Коэффициент эмиссии $\text{CH}_4, \text{т} \cdot \text{ТДж}^{-1}$	Коэффициент эмиссии $\text{N}_2\text{O}, \text{т} \cdot \text{ТДж}^{-1}$
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 2015 году эмиссия диоксида углерода составила 44,3 млн. т, что в 3,5 раза больше, чем в 1990 году (рис. 3.31). Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд CO_2 . Величины эмиссии метана и оксида диазота в 2015 году составили 4 018 и 1 148 т соответственно (рис. 3.32). В 2016 году эмиссия диоксида углерода составила 33,3 млн. т, что в 2,6 раза больше, чем в 1990 году (рис. 3.31). Тренды выбросов CH_4 и N_2O повторяют тренд CO_2 . Величины эмиссии метана и оксида диазота в 2015 году составили 3 034 и 867 т соответственно (рис. 3.32). В 2016 г. выбросы парниковых газов сократились на 35% по сравнению с уровнем 2014 года, что связано с уменьшением объемов потребления бункерного топлива в Дальневосточном регионе. Ситуация, характерная и для других морских бассейнов РФ, обусловлена оттоком транзитных бункеровок в результате выравнивания цен на топливо в российских и зарубежных портах из-за девальвации рубля и снижения мировых цен на нефть. В результате контейнеровозы и крупнотоннажные суда предпочитают пользоваться услугами зарубежных бункеровщиков, нежели заходить в порт Восточный, порты Находки и Владивостока.

Выбросы предшественников озона (NO_x , CO , NMVOC) приведены в соответствующих таблицах ОФД для всего временного ряда с 1990 по 2016 год отдельно для международной авиационной и морской деятельности. Анализ показал, что эмиссия предшественников озона проявляет сходные тенденции выбросов, что и газы с прямым парниковым эффектом.

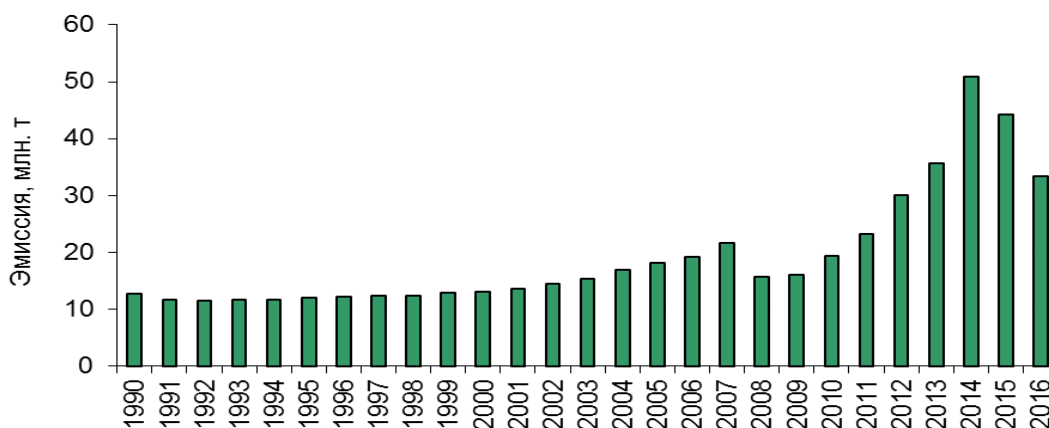


Рисунок 3.31 – Динамика выбросов диоксида углерода от морского бункерного топлива

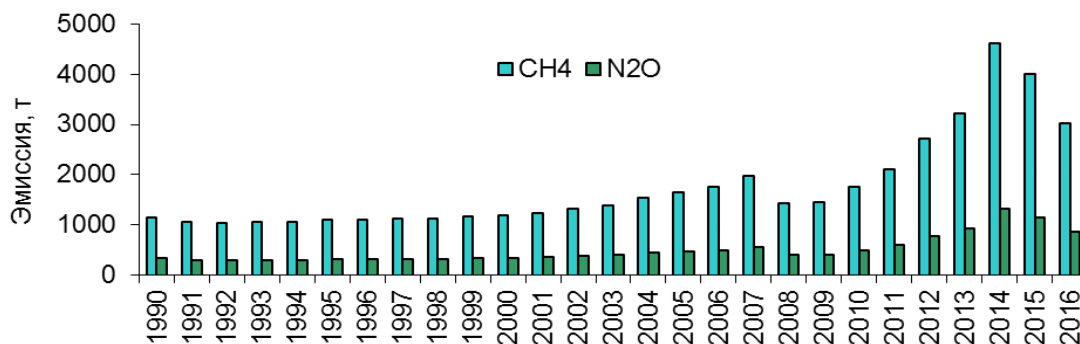


Рисунок 3.32 – Динамика выбросов метана и оксида азота от морского бункерного топлива

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 $\pm 7\%$. Как указывается в Руководящих указаниях МГЭИК по эффективной практике, неопределенность коэффициентов выбросов CO_2 для разных видов топлив находится, как правило, в пределах $\pm 5\%$. 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 Таможенной службы России, администраций морских портов, ФГУП «Росморпорт», а также участников рынка бункеровки. Неопределенность данных о деятельности небольшая и составляет $\pm 7\%$. 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 $\pm 1,5\%$, а для топочного мазута $\pm 3\%$. Однако неопределенность коэффициентов выбросов иных газов гораздо выше. Неопределенность коэффициентов выбросов CH_4 может достигать $\pm 50\%$. 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 6,3%. Неопределенность тенденций выбросов составила 21,7%.

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 вы-

полнен 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 Министерства транспорта Российской Федерации 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. CO₂-экв. Это суммарные выбросы от международных морских перевозок безотносительно мест нахождения и бункеровки судов, т.е. вне зависимости от того, заправлялось ли судно топливом в российском порту или за рубежом и сжигало его в территориальном море России или вне его.

3.2.5.6 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.

3.3 Выбросы от утечек и испарения топлив (1.B)¹⁶

В разделе приведены расчетные оценки выбросов парниковых газов (CO₂, CH₄ и N₂O) и предшественников озона (NO_x, CO и SO₂) от твердых, жидких и газообразных топлив с 1990 по 2016 гг. включительно. Данные о выбросах летучих неметановых органических соединений (ЛНОС или NMVOC) представлены только в таблицах ОФД. В 2016 г. суммарные выбросы CO₂, CH₄ и N₂O составили 765,4 млн. т (765 417,5 Гг) CO₂-экв., что на 2,9% ниже, чем в 1990 году. В их составе преобладает метан, на долю которого в 2016 г. приходилось 90,6%. Доли диоксида углерода и оксида азота составили 9,3% 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 – 92,0%. В 2016 г. выбросы от нефтегазовой отрасли были на 0,4% выше уровня 1990 года, выбросы от твердых топлив сократились на 30,1% (рис. 3.34). В 2016 г. выбросы NO_x, CO и SO₂ были на 3,7% ниже, чем в 1990 году (рис. 3.35), а выброс ЛНОС вырос на 3,5% – до 19,1 млн. т.

¹⁵ <http://www.cniimf.ru>

¹⁶ Термин «утечки» включает 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 удаление отходящих газов из производственной зоны и из установок подготовки нефти и природного газа.

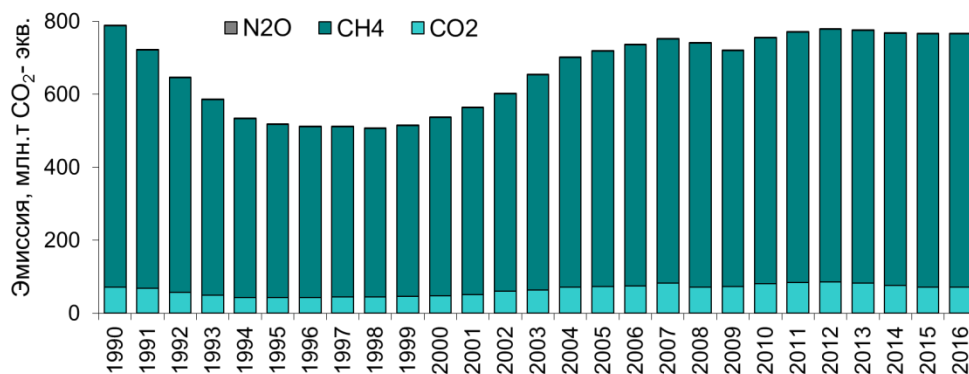


Рисунок 3.33 – Эмиссия парниковых газов при утечках и испарении топлив

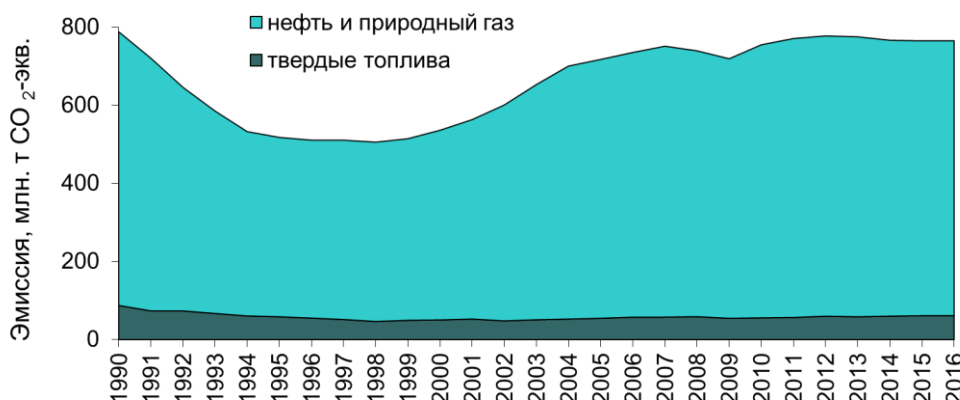


Рисунок 3.34 – Эмиссия парниковых газов по основным категориям источников

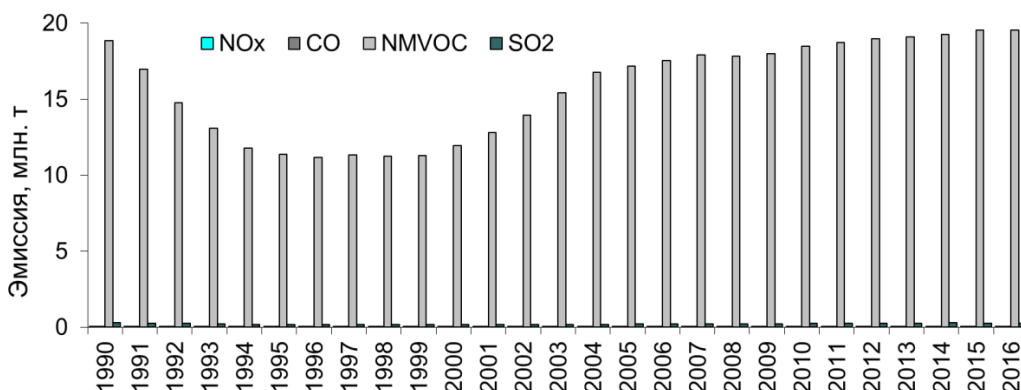


Рисунок 3.35 – Эмиссия предшественников озона в нефтегазовой отрасли

3.3.1 Отдельные категории источников выбросов

3.3.1.1 Выбросы от твердых топлив (1.В.1)¹⁷

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

Добыча и последующие операции с углем являются источниками диоксида углерода (CO₂) и метана (CH₄), которые содержатся в угольных пластах и прилегающих пустотах.

¹⁷ Раздел подготовлен при содействии ФГБУН Институт угля Сибирского отделения РАН (<http://www.icc.kemsc.ru>).

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 при дегазации угольных шахт и пластов (МГЭИК, 2006).

Добыча угля из эксплуатируемых угольных бассейнов ведется подземным и открытым способами в 7 федеральных округах Российской Федерации (табл. 3.22). 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 Министерства энергетики Российской Федерации и Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса» (ФГБУ «ЦДУ ТЭК»)¹⁸.

Таблица 3.22

Угледобыча в Российской Федерации

Федеральный округ	Угольные бассейны
Добыча подземным способом (1.В.1.А.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.В.1.А.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 Улукхемский
Дальневосточный	Буреинский, Западно-Камчатский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский, Южно-Уссурийский и Южно-Якутский

¹⁸ <http://www.cdu.ru>

В 2016 году совокупный выброс метана от добычи угля составил 2,5 млн. т (2 458,5 Гг), что на 29,9% ниже, чем в 1990 году (рис. 3.36). Вклад добычи угля подземным способом в совокупную эмиссию от угледобычи составил 47,6%.

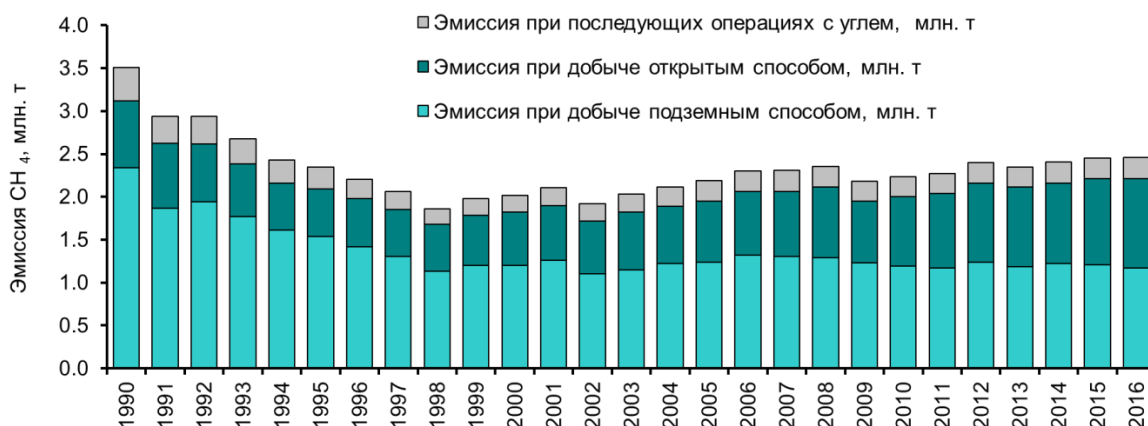


Рисунок 3.36 – Выбросы метана от добычи угля в Российской Федерации

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

В разделе приведены оценки выбросов парниковых газов (CO_2 , CH_4 и N_2O) и предшественников озона (NO_x , CO , NMVOC и SO_2) при бурении, опробовании и обслуживании действующих нефтяных скважин, опробовании и обслуживании газовых скважин, добыче и транспортировке нефти, газового конденсата и природного газа, хранении и распределении природного газа, а также первичной переработке нефти и подготовки природного газа. Распределение парниковых газов и предшественников озона по категориям антропогенных источников представлено в таблице 3.23. Совокупные эквивалентные выбросы парниковых газов приведены на рисунках 3.37 и 3.38. Величины выбросов предшественников озона приведены на рисунке 3.35. В выбросах парниковых газов преобладает метан – его вклад в совокупную эмиссию от нефтегазовой отрасли Российской Федерации в среднем составляет 89,3%. В 2016 г. значения выбросов парниковых газов были 696,1 млн. т (696 107,5 Гг) CO_2 -экв., что на 3,8% выше уровня 1990 года (рис. 3.37). Из рисунка 3.38 видно, что наибольший вклад дают утечки при операциях с нефтью и отведение и сжигание нефти и газа (в среднем 53,0 % и 26,8 % общего выброса по отрасли соответственно).

Таблица 3.23

Категории антропогенных источников и парниковые газы, выбрасываемые при осуществлении операций с нефтью и природным газом

Категория источников выбросов	Парниковые газы и предшественники	Категория ОФД
Операции с нефтью		1.В.2.А
Бурение, опробование и обслуживание действующих нефтяных скважин	CO_2 , CH_4 , N_2O	1.В.2.А.1
	NMVOC	1.В.2.А
Добыча	CO_2 , CH_4	1.В.2.А.2
	NMVOC	1.В.2.А
Транспортировка	CO_2 , CH_4	1.В.2.А.3
	NMVOC	1.В.2.А
Первичная переработка (перегонка) и хранение	CH_4	1.В.2.А.4
	NO_x , CO , NMVOC и SO_2	1.В.2.А

Продолжение таблицы 3.23

Категория источников выбросов	Парниковые газы и предшественники	Категория ОФД
Газовый конденсат		
Добыча	CO ₂ , CH ₄	1.B.2.A.2
	NMVOC	1.B.2.A
Транспортировка	CO ₂ , CH ₄	1.B.2.A.6
	NMVOC	1.B.2.A
Операции с природным газом ¹⁹		1.B.2.B
Добыча	CO ₂ , CH ₄	1.B.2.B.2
	NMVOC	1.B.2.B
Первичная переработка (подготовка)	CO ₂ , CH ₄	1.B.2.B.3
	NMVOC	1.B.2.B
Транспортировка 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.1.1
	NMVOC	1.B.2.A
Газовый конденсат	CO ₂ , CH ₄	1.B.2.C.1.1
	NMVOC	1.B.2.A
Природный газ	CO ₂	1.B.2.C.1.2
	NMVOC	1.B.2.B
Сжигание в факелах при добыче и первичной переработке		1.B.2.C.2
Природный газ	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	1.B.2.C.2.2
	NMVOC	1.B.2.B
Попутный (нефтяной) газ	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	1.B.2.C.2.1
	NMVOC	1.B.2.A

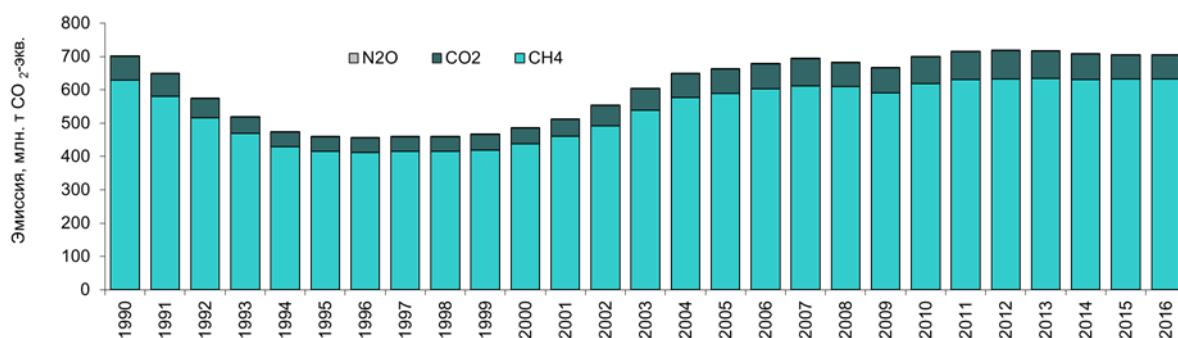


Рисунок 3.37 – Совокупная эквивалентная эмиссия парниковых газов от нефтегазовой отрасли Российской Федерации

¹⁹Выбросы CO₂, CH₄ и N₂O от сжигания природного газа для собственных нужд учтены в разделах 3.2.3.1 и 3.2.3.3 настоящей главы.

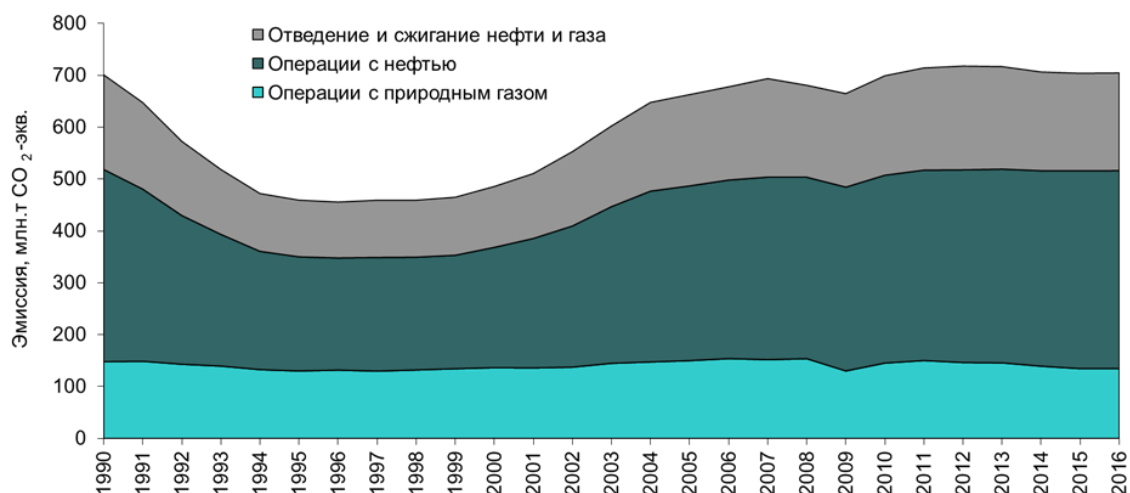


Рисунок 3.38 – Динамика выбросов нефтегазовой отрасли Российской Федерации

3.3.2 Характеристика категорий источников

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

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

Выбросы при добыче угля подземным способом (1.В.1.а.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 скорректированы на величины утилизации метана (табл. 3.26). В 2016 г. эмиссия CH_4 составила 1,2 млн. т (1 170,4 Гг) или 50,1% уровня 1990 года.

Динамика выбросов метана при добыче угля подземным способом обусловлена изменениями в интенсивности угледобычи из-за экономической рецессии и последовавшей за ней реструктуризации угольной отрасли (табл. 3.24), а также ростом утилизации удаляемого из шахт метана (табл. 3.26).

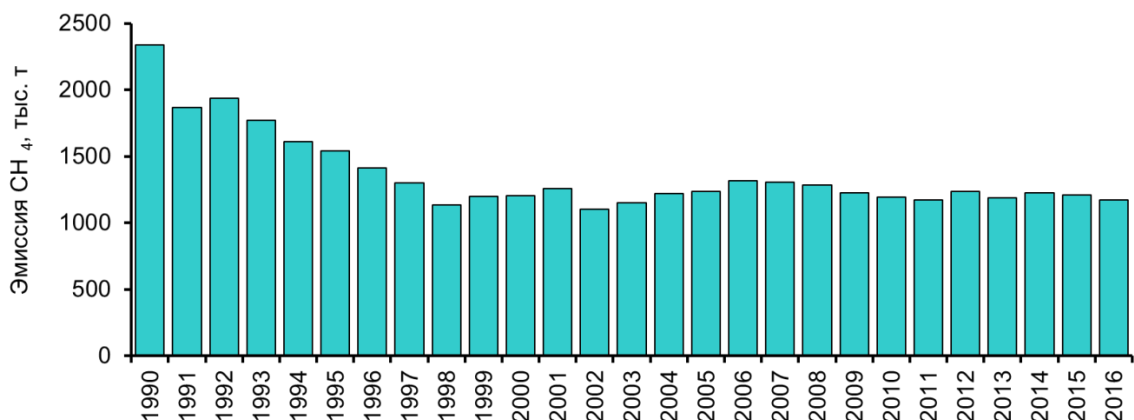


Рисунок 3.39 – Выбросы метана при добыче угля подземным способом

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 диоксида углерода при добыче угля подземным способом не представляется возможным.

Факельное сжигание угольного метана в Российской Федерации не производится: весь метан, полученный при дегазации угольных шахт и пластов, сжигается в целях получения тепла и энергии и образующийся при этом CO_2 учитывается в разделе 1.А (Сжигание топлива). 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.В.1.а.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 2016 году эмиссия метана составила 206,9 тыс. т. Вклад последующих операций с углем не превышает 10% совокупных выбросов CH_4 от угледобычи.

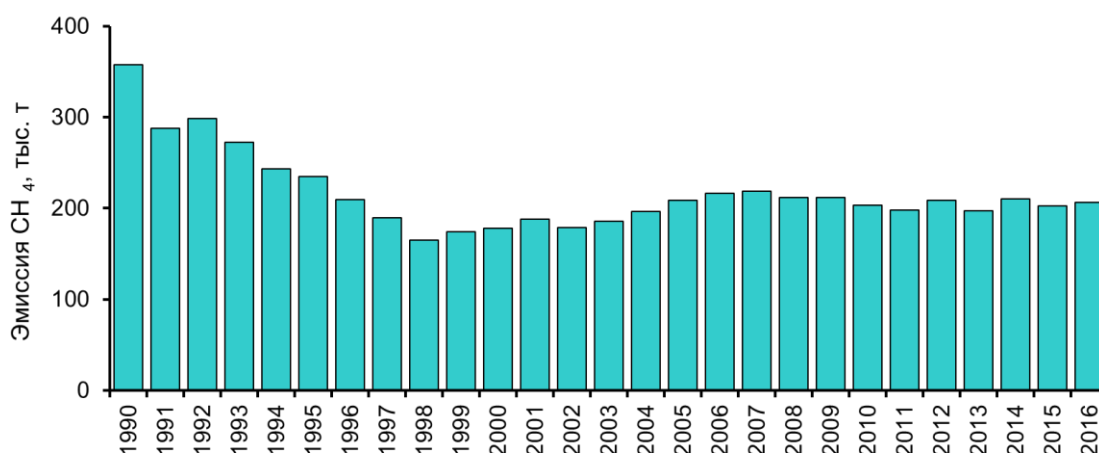


Рисунок 3.40 – Выбросы CH_4 от последующего обращения с углем, добытым подземным способом

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 «NO».

Выбросы из выработанных и закрытых угольных шахт (1.В.1.а.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.В.1.а.2)

Выбросы при добыче угля открытым способом (1.В.1.а.2.i)

Выбросы метана при добыче угля открытым способом

Результаты расчетов показывают, что в 2016 г. эмиссия метана при добыче угля открытым способом составила 1 043,7 тыс. т (Гг), что на 33,4% выше уровня 1990 г. (рис. 3.41).

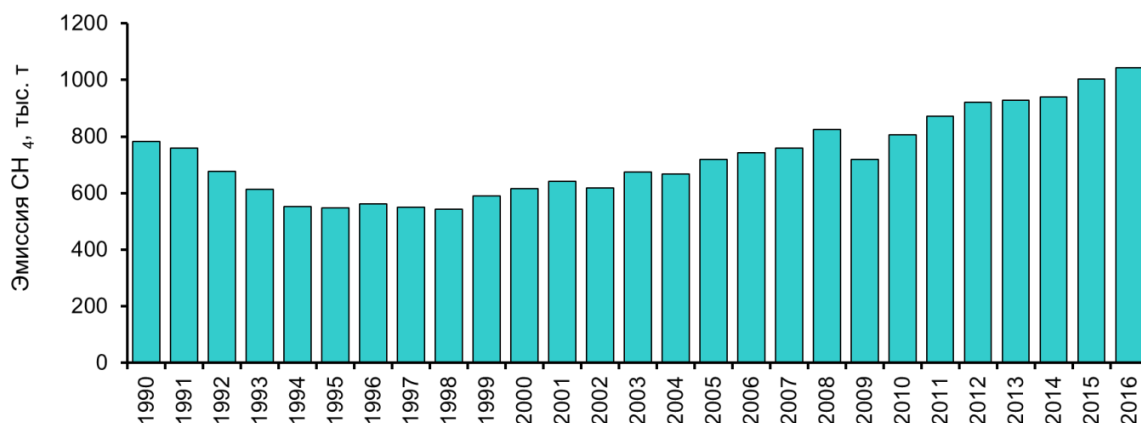


Рисунок 3.41 – Выбросы CH₄ от добычи угля открытым способом

Выбросы диоксида углерода при добыче угля открытым способом

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

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 CH₄ при последующем обращении с углем, добытым открытым способом, приведены на рисунке 3.42. В 2016 году эмиссия CH₄ составила 37,6 тыс. т.

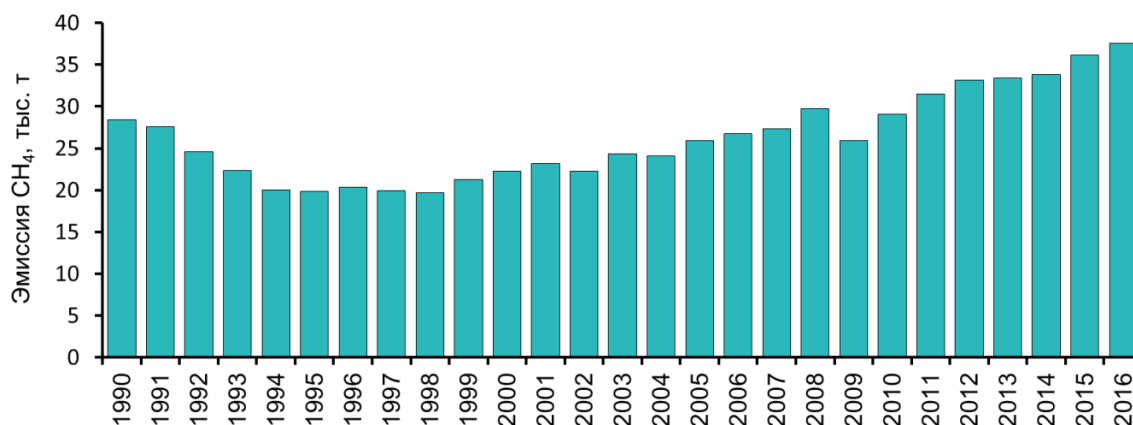


Рисунок 3.42 – Выбросы CH₄ от последующего обращения с углем, добытым открытым способом

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

Руководящие принципы МГЭИК упоминают о возможном выделении диоксида углерода в процессе окисления и внезапного возгорания извлеченного из шахт угля, но не содержат методологии и параметров для количественной оценки этих выбросов (МГЭИК, 2006). Соответственно выполнить расчет выбросов CO₂ от последующих операций с углем, добытым подземным способом, не представляется возможным. Поэтому при представлении информации о выбросах CO₂ в таблицах 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 и 3.44. Величины выбросов предшественников озона приведены на рисунке 3.35. Бурение, опробование и обслуживание действующих нефтяных скважин является основным источником выбросов CO_2 и составляет 96,88% совокупного выброса от операций с нефтью (рис. 3.43). Вклад добычи нефти и газового конденсата составляет 3,12 %. Вклады остальных операций в совокупности не превышают 0,001 %. Нефтедобыча (включая добычу газового конденсата) определяет тенденции выбросов метана при операциях с нефтью: ее вклад в совокупную эмиссию составляет в среднем 92,2 % (рис. 3.44). Доля бурения, опробования и обслуживания нефтяных скважин в выбросах CH_4 составляет 7,7 %. Первичная переработка (перегонка) и транспортировка нефти и газового конденсата по магистральным трубопроводам в сумме не превышают 0,1 %. В 2016 г. выбросы CO_2 от операций с нефтью были на 0,6 % ниже, чем в 1990 г., а выбросы CH_4 превысили уровень 1990 г. на 3,5 %. Ввиду малого вклада N_2O в совокупный выброс от операций с нефтью (менее 1 %), данные по эмиссии N_2O при бурении, опробовании и обслуживании действующих нефтяных скважин приведены в тоннах на рисунке 3.45. В 2016 г. выбросы N_2O составили 0,34 т (рис. 3.45), и их величина в 2016 г. была меньше уровня 1990 года на 1,5 %.

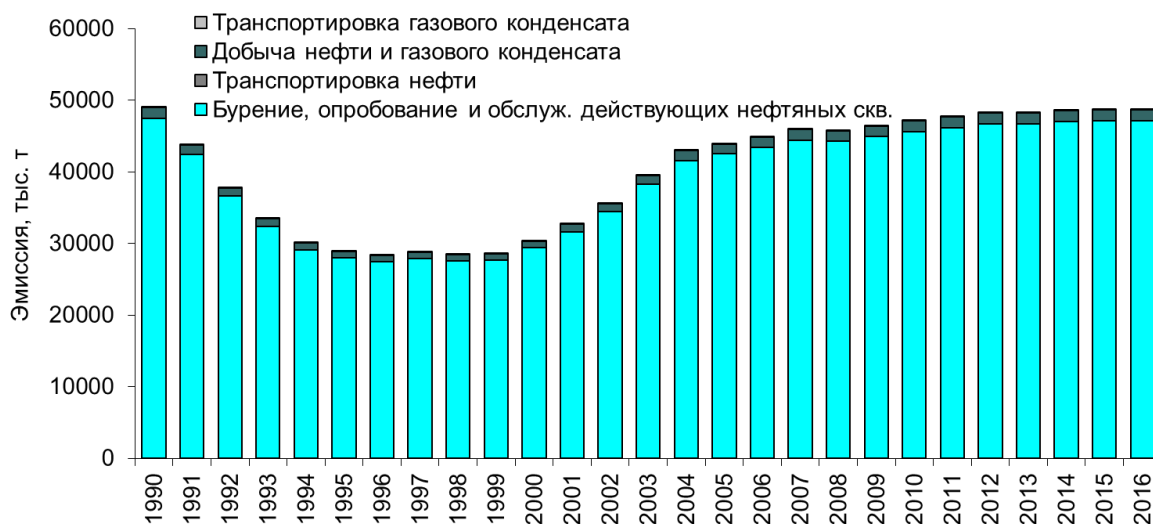


Рисунок 3.43 – Выбросы CO_2 при операциях с нефтью



Рисунок 3.44 – Выбросы CH₄ при операциях с нефтью и добыче газового конденсата

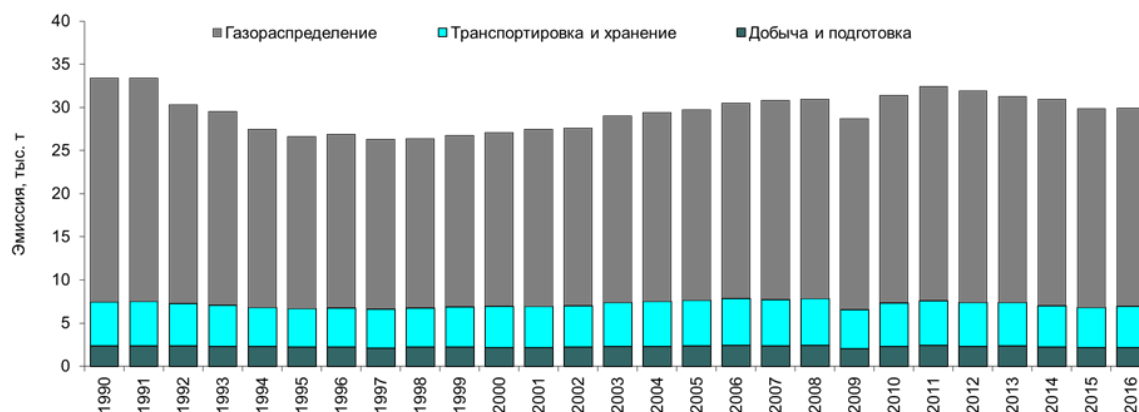


Рисунок 3.45 – Выбросы N₂O при разведочном и эксплуатационном бурении, опробовании и обслуживании действующих нефтяных скважин

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

Расчетные значения выбросов CO₂ и CH₄ от утечек при операциях с природным газом приведены на рисунках 3.46 и 3.47 соответственно (выбросы 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 CO₂ (75,6 %). Доля транспортировки и хранения природного газа составляет 16,6 %. В 2016 г. выбросы CO₂ при добыче, подготовке, транспортировке, хранении и распределении газа были ниже уровня 1990 года на 10,5 % (рис. 3.46).

Рисунок 3.46 – Выбросы CO₂ при операциях с природным газом

При операциях с природным газом основной вклад в выброс CH₄ вносит его транспортировка и хранение – 86,7 %. Заметный вклад вносит газораспределение (10,6 %). Доля утечек при добыче и подготовке природного газа не превышает 2,7 % суммарной эмиссии метана. В 2016 г. совокупная эмиссия метана была ниже уровня 1990 года на 6,9 % (рис. 3.47).

Рисунок 3.47 – Выбросы CH₄ при операциях с природным газом

Выбросы от газоотведения и сжигания в факелах (1.В.2.С)

Выбросы CO₂ и CH₄ происходят при газоотведении в процессе добычи нефти и газового конденсата, а также образуются при газоотведении во время транспортировки 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 CO₂, CH₄ и N₂O при сжигании в факелах нефтяного (попутного) и природного газа, являющихся частью технологических процессов добычи и первичной переработки нефти и природного газа (рис. 3.48 – 3.50, соответственно).

Сжигание нефтяного (попутного) газа является основным источником выбросов CO₂ от газоотведения и при сжигании в факелах – его доля составляет 94,3 % (рис. 3.48). В 2016 г. выброс CO₂ вырос на 10,3 % по сравнению с уровнем 1990 года. Динамику эмиссии метана определяет газоотведение при добыче нефти и газового конденсата – 97,7 %. В 2016 г. выброс CH₄ был на 6,6 % выше, чем в 1990 году (рис. 3.49). Наибольший вклад в суммарную

эмиссию оксида диазота вносит сжигание нефтяного (попутного) газа (89,2 %). В 2016 г. эмиссия N_2O возросла на 7,1 %относительно 1990 года (рис. 3.50).

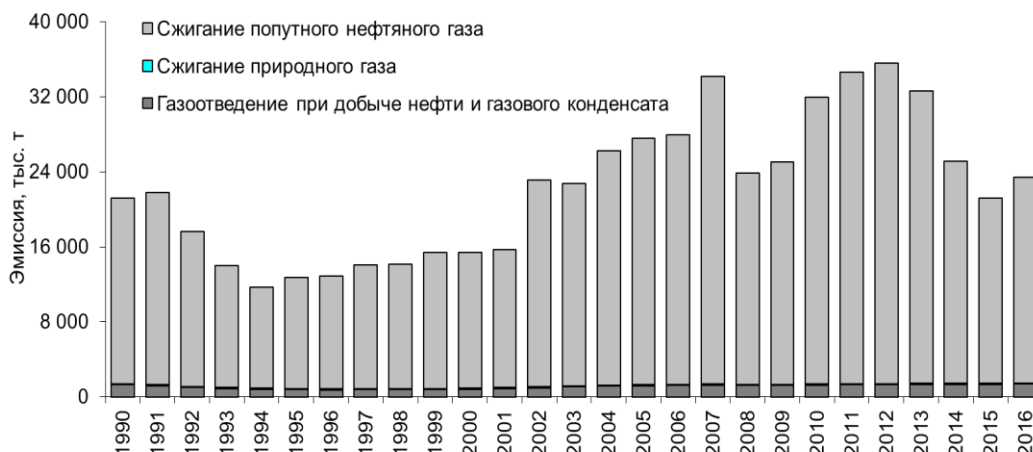


Рисунок 3.48 – Выбросы CO_2 от газоотведения и при сжигании в факелах

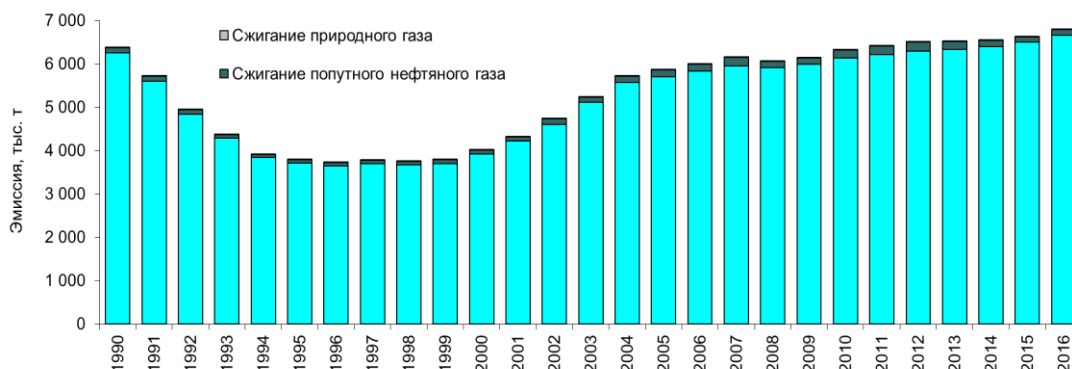


Рисунок 3.49 – Выбросы CH_4 от газоотведения и при сжигании в факелах



Рисунок 3.50 – Выбросы N_2O при сжигании в факелах

3.3.3 Методологические вопросы

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

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

Данные о годовой добыче угля подземным способом приведены в таблице 3.24. Большая часть подземной угледобычи осуществляется в Северо-Западном и Сибирском федеральных

округах (табл. 3.24). 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 2016 г. добыча угля подземным способом составила 59,6% уровня 1990 года и 27,1% совокупной угледобычи в Российской Федерации.

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

$$E_{\text{CH}_4} = \sum (AD_r \cdot EF_{\text{CS}} \cdot CF_{\text{CH}_4}) \quad (3.9)$$

где: E_{CH_4} – величина выброса CH_4 , Гг; AD_r – годовой объем добычи угля в зависимости от региона добычи, $10^6 \cdot \text{т}$; EF_{CS} – коэффициент эмиссии CH_4 в зависимости от региона добычи, $\text{м}^3 \cdot \text{т}^{-1}$; CF_{CH_4} – коэффициент пересчета объемных долей CH_4 в весовые ($0,67 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot \text{м}^{-3}$ при плотности в условиях $T = 20^\circ \text{C}$ 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. 3.25).

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 3.26. С 1990 по 2007 гг. данные предоставлены угледобывающими компаниями, а с 2008 по 2015 гг. включительно – Министерством энергетики Российской Федерации. В связи с отсутствием уточненных данных за 2016 год, было сделано допущение, что утилизация метана в 2016 г. осталась такой же, что и в 2015 г. До 2009 г. применение дегазации на угольных шахтах Российской Федерации было не обязательным. В 2009 году вступили в силу «Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт». В 2011 году Правительство РФ 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 $13 \text{ м}^3 \text{ т}^{-1}$ сухой беззольной массы. Принятые нормативно-правовые документы способствовали увеличению утилизации CH_4 .

Таблица 3.24

Добыча угля подземным способом в Российской Федерации

Годы	Объем добычи 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	–	1,3	77,9	3,2
2006	0,4	13,4	7,0	–	1,3	83,3	3,2
2007	0,1	12,3	7,4	–	1,1	83,6	3,4
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

Продолжение таблицы 3.24

Го- ды	Объем добычи по федеральным округам, млн. т						
	Центральный	Северо- Западный ⁽¹⁾	Юж- ный	Приволж- ский	Уральский	Сибир- ский	Дальнево- сточный
2010 ⁽³⁾	0,1	12,7	4,7	—	0,5	82,5	3,3
2011 ⁽⁴⁾	0,0	12,9	5,2	—	0,1	77,6	4,8
2012 ⁽⁴⁾	0,0	13,0	5,6	—	0,1	80,2	6,7
2013 ⁽⁴⁾	0,0	13,2	4,7	—	0,0	77,5	5,7
2014 ⁽⁴⁾	0,0	12,3	5,9	—	0,0	81,6	5,4
2015 ⁽⁴⁾	0,0	13,9	5,2	—	0,0	78,6	5,9
2016 ⁽⁴⁾	0,0	10,0	4,2	—	0,0	84,3	6,0

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

⁽²⁾ Проверк означает, что угледобыча прекращена.

⁽³⁾ Получено ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» расчетным путем по данным о добыче угля с 1990 по 2009 гг. включительно.

⁽⁴⁾ Данные Министерства энергетики Российской Федерации и ФГБУ «ЦДУ ТЭК».

Таблица 3.25

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

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина EF_{CS} , $m^3 \cdot t^{-1}$
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 3.26

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							
Объем утилизации	73,45	78,37	85,85	85,85*							

*Сделано допущение, что утилизация метана осталась такой же, что и в 2015 г.

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 эмиссии CH_4 от последующего обращения с углем, добытым подземным способом, выполняли по формуле 3.9, соответствующей уровню 2 (МГЭИК, 2006). По данным о метаноносности пластов, разрабатывав-

шихся 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. 3.27). При их расчете наряду с известными данными метаноносности угольных пластов также учитывали 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 3.27

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

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина EF_{CS} , $\text{м}^3 \cdot \text{т}^{-1}$
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.В.1.а.2)

Добыча угля открытым способом ведется в шести федеральных округах (табл. 3.28). В 2016 г. открытым способом было добыто на 28,1% угля больше, чем в 1990 году. Доля угля, добытого открытым способом, составила 72,9% 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. 3.29). При разработке учитывали марочный состав газоносность и глубину залегания углей, добываемых на отдельных разрезах, а также, в соответствии с рекомендацией МГЭИК, использовали повышающий коэффициент для учета дополнительной эмиссии метана из пластов-спутников (Газоносность угольных бассейнов, 1979; МГЭИК, 2006).

Таблица 3.28

Добыча угля открытым способом в Российской Федерации

Годы	Объем добычи по федеральным округам, млн. т					
	Центральный	Северо-Западный	Приволжский	Уральский	Сибирский	Дальневосточный
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
2006	0,2	0,6	0,3	3,0	168,4	28,9
2007	0,2	0,5	0,5	2,3	173,3	28,8

Продолжение таблицы 3.28

Годы	Объем добычи по федеральным округам, млн. т					
	Центральный	Северо-Западный	Приволжский	Уральский	Сибирский	Дальневосточный
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	242,8	36,4

⁽¹⁾ Прочерк означает, что угледобыча прекращена.

⁽²⁾ Получено расчетным путем по данным о добыче угля с 1990 по 2009 гг. включительно.

⁽³⁾ Данные Министерства энергетики Российской Федерации и ФГБУ «ЦДУ ТЭК».

Таблица 3.29

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

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина EF_{CS} , $м^3 \cdot т^{-1}$
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 Улукхемский	5,5
Дальневосточный	Буреинский, Западно-Камчатский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, 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 эмиссии CH_4 при последующем обращении с углем, добытым открытым способом, выполняли по формуле 3.9, выполняли по данным о добыче угля (табл. 3.28) с использованием рекомендуемых МГЭИК коэффициентов выбросов. Принятый метод расчета соответствует уровню 1, величины использованных коэффициентов приведены в таблице 3.30 (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.30

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

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина $\text{EF}_{\text{CS}}, \text{м}^3 \cdot \text{т}^{-1}$
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 Улукхемский	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.В.2.)

В качестве исходных для расчета выбросов от операций с нефтью и природным газом использованы данные государственной статистической отчетности, приведенные в таблицах 3.31-3.33 (Российский статистический ежегодник, 2009; Российский статистический ежегодник, 2017; Промышленность России, 2008, Промышленность России, 2014 и др.).

Таблица 3.31

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
2006	462,4	18,1	220	460,8
2007	473,5	17,4	229	461,8
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	515,1	32,6	285	543,4

Объемы добычи и транспортировки нефти в 1995 г. были наименьшими за период с 1990 по 2016 годы, что обусловлено экономическими причинами (табл. 3.31). Минимум первичной переработки нефти пришелся также на 1995-2000 гг. Экономический рост после 1995

года сопровождался активизацией экономической деятельности в нефтяной отрасли, и по большинству из приведенных в таблице показателей, достигнут уровень 1990 года.

Динамика добычи природного газа с 1990 по 2016 гг. отражает социально-экономические изменения, происходившие в стране. В 2016 году добыча природного и попутного газа увеличилась на 1,1 % по сравнению с предыдущим годом, а относительно 1990 года осталась на прежнем уровне (641 млрд. м³). Показатели транспортировки газа по магистральным трубопроводам были на 3,3 % выше показателей предыдущего года (табл. 3.32).

Таблица 3.32

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
2006	612,0	581,1
2007	604,2	571,6
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	557,0	493,0

Таблица 3.33

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

Годы	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
Объем сжигания	9,9	5,93	7,25	13,12	13,31	16,42	11,27	11,86
Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Объем сжигания	15,29	16,60	17,08	15,59	11,83	9,85	10,96	

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 снижение выбросов парниковых газов. В результате проведенной работы средний уровень газификации в России в 2016 году составил 66,2 %, в том числе в городах – 70,4 %, и в сельской местности – 56,1 %²⁰.

В целях обеспечения безопасности объектов нефтяной отрасли неиспользуемый нефтяной (попутный) газ сжигается в факелах. Данные по его сжиганию приведены в таблице 3.33 (Российский статистический ежегодник, 2009; Российский статистический ежегодник, 2017; Промышленность России, 2008; Промышленность России, 2014 и др.).

²⁰<http://www.gazprom.ru/about/production/gasification/>

В 2016 г. объем сжигания нефтяного (попутного) газа увеличился по сравнению с 1990 г. на 10,7 % (табл. 3.33). Энергетической стратегией России предусмотрено увеличение до 95 % уровня полезного использования нефтяного (попутного) газа. В свою очередь, объем нефтяного (попутного) газа, сжигаемого в факелах, с 2012 г. 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. Благодаря принятым мерам, к 2016 году уровень полезного использования нефтяного (попутного) газа в среднем по стране составил 88 %, что на 8 % превышает уровень 1990 г. (Российский статистический ежегодник, 2017).

Выбросы CO_2 , CH_4 , N_2O и NMVOC от бурения, опробования и обслуживания нефтяных скважин, добычи природного газа, нефти и газового конденсата, первичной переработки нефти и природного газа, транспортировки нефти и газового конденсата, газохранилища и – распределения, а также выбросов CO_2 и CH_4 при транспортировке газа рассчитывали по формулам 3.10 (МГЭИК, 2006):

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

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

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

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

Расчет эмиссии при прокачке газа по магистральным трубопроводам выполняли по формуле 3.11:

$$E_{\text{CH}_4} = AD \cdot EF_{\text{CS}} \cdot CF_{\text{CH}_4}, \quad (3.11)$$

где: E_{CH_4} – величина эмиссии CH_4 , Гг;

AD – данные о прокачке газа по магистральным газопроводам, $10^6 \cdot \text{м}^3$;

EF_{CS} – коэффициент эмиссии CH_4 , рассчитанный в долях от общего объема прокачки, безразмерный;

CF_{CH_4} – коэффициент пересчета объемных долей CH_4 в весовые при условиях $T = 20^\circ \text{C}$ и давлении 1 атм.

Эмиссию от добычи выполняли совместно для нефти и газового конденсата. Выбросы от транспортировки рассчитывали отдельно для нефти и отдельно для газового конденсата с допущением, что весь добытый газовый конденсат затем транспортируется по магистральным газопроводам. Расчет утечек при газораспределении выполнен по данным о потреблении газа, согласующихся с данными о его сжигании (раздел 1.А ОФД). Выбросы парниковых газов от сжигания при нефтедобыче оценивали на основе данных о сожженном нефтяном (попутном) газе. Вычисления производили последовательно для исключения двойного счета.

Данные о деятельности в единицах массы переводили 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, ($\text{т} \cdot \text{м}^{-3}$); 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 (Демиденко, 2000; Демиденко, 2002). Средневзвешенные значения плотностей нефти и газового конденсата составили $856,23 \text{ т} \cdot \text{м}^{-3}$ и $771,75 \text{ т} \cdot \text{м}^{-3}$, соответственно.

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 производили с использованием коэффициент пересчета $CF_{\text{CH}_4} 0,667 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3} \cdot 10^{-3}$, принятого для плотности метана в условиях $T = 20^\circ \text{C}$ и давлении 1 атм. (ГОСТ 30319.1-96).

Формула 3.10 соответствует уровню 1b МГЭИК, а формула 3.11 – уровню 2 (МГЭИК, 2006). За исключением национального коэффициента эмиссии метана, все коэффициенты эмиссии были взяты из руководств МГЭИК (МГЭИК, 2006). Для расчета выбросов парниковых газов от операций с нефтью использовали коэффициенты эмиссии, рекомендуемые для развивающихся стран и стран с переходной экономикой (таблица 4.2.5, МГЭИК, 2006). Расчеты выбросов от операций с природным газом выполняли с использованием коэффициентов эмиссии, рекомендуемых для развитых стран (таблица 4.2.4, МГЭИК, 2006).

Использование коэффициентов эмиссии для развитых стран обусловлено высоким уровнем развития газовой отрасли. 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 РФ № 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 ведущим 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).

Их значения приведены в таблицах 3.34-3.36. Если в руководстве МГЭИК приведен диапазон значений коэффициента, то для расчета бралась средняя величина из приведенного диапазона. Национальный коэффициент выбросов выражает долю газообразных потерь в атмосферу от общего объема данных о деятельности и получен на основе опубликованных данных литературы и результатов специальных исследований по оценке утечек метана на предприятиях ПАО «Газпром» (Назарови др., 1992; Векилов и др., 1992; Dedikovetal, 1999; Эмиссии парникового газа, 2005; IEA, 2006 и др.). Коэффициенты эмиссии CO_2 , CH_4 , N_2O и NMVOC для расчета выбросов при добыче газового конденсата взяты такие же, как и при добыче нефти. В случае сжигания нефтяного (попутного) газа в факелах взяты коэффициенты эмиссии (табл. 3.36), предложенные для зарегистрированных сожженных объемов газа (МГЭИК, 2006).

Таблица 3.34

Коэффициенты эмиссии для расчета выбросов от операций 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	$9,00 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$	$2,97 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$	—	$7,96 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$
Опробование скважин	$7,90 \cdot 10^{-2} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$	$4,51 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$	$5,84 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$	$1,06 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$
Обслуживание действующих нефтяных скважин	$1,70 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$	$9,55 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$	—	$1,49 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot \text{тыс м}^{-3}$
Добыча нефти и газового конденсата	$2,49 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$	$1,96 \cdot 10^{-2} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$	—	$2,76 \cdot 10^{-2} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$
Транспортировка нефти	$4,90 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$	$5,40 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$	—	$5,40 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$
Транспортировка газового конденсата	$7,20 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$	$1,10 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$	—	$1,10 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$
Первичная переработка нефти	—	$2,18 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$	—	$1,30 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$

Выбросы NO_x , CO и SO_2 рассчитывали по данным о первичной переработке нефти (табл. 3.31) по методу уровня 1b с использованием рекомендуемых МГЭИК величин коэффициентов эмиссии: $0,09 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-3}$ для CO , $0,06 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-3}$ для NO_x и $0,93 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-3}$ для SO_2 (IPCC, 1997; МГЭИК, 2000).

Таблица 3.35

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

Вид деятельности (источник выбросов)	Коэффициент эмиссии CO_2	Коэффициент эмиссии CH_4	Коэффициент эмиссии NMVOC
Добыча природного газа	$4,80 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$1,34 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$3,21 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$
Первичная переработка природного газа	$2,35 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$7,55 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$3,45 \cdot 10^{-4} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$
Утечки при прокачке газа по магистральным трубопроводам	$8,80 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	0,009 ⁽¹⁾	$7,00 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$
Утечки при хранении природного газа	$1,10 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$2,50 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$3,60 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$
Утечки при газораспределении	$5,10 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$1,10 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$1,60 \cdot 10^{-5} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$

⁽¹⁾ Национальный коэффициент эмиссии

Таблица 3.36

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	Коэффициент эмиссии NMVOC
Газоотведение при добыче нефти и газового конденсата	$2,15 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$	$1,04 \cdot 10^{-2} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$	—	$1,90 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$
Газоотведение при транспорте природного газа	$3,10 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	Учтено при других расчетах	—	$4,60 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$
Сжигание в факелах при газодобыче	$1,20 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$7,60 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$2,10 \cdot 10^{-8} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$6,20 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$
Сжигание в факелах при переработке газа	$2,10 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$1,40 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$2,95 \cdot 10^{-8} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$1,13 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$
Сжигание в факелах нефтяного (попутного) газа	$1,8 \cdot 10^{-3} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$	$9,60 \cdot 10^{-7} \text{ Гг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$

3.3.4 Оценка неопределенности и согласованность временных рядов

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

Оценку точности данных о добыче угля в Российской Федерации в 2016 году производили на основе данных ФГБУ «ЦДУ ТЭК», Росстата (Российский статистический ежегодник, 2017) и компании «Бритиш Петролеум» (British Petroleum)²¹. Ошибка данных составляет 0,04%.

²¹ <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

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 $\pm 3,7$. 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 $\pm 0,8$, а их неопределенность – 21,6%.

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

Количественная оценка неопределенности выбросов метана от угледобычи выполнялась по методу уровня 1 при доверительном интервале 95% (МГЭИК, 2006). Рассчитанная величина общей неопределенности выбросов от добычи угля в 1990 г. составила 16,4%, в 2016 г. – 20,3%, а неопределенность тенденции выбросов – 20,2%.

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

Комплексная количественная оценка неопределенности величин выбросов парниковых газов в нефтегазовой отрасли затруднительна из-за сложной структуры отрасли. Величины диапазонов возможных ошибок коэффициентов эмиссии взяты из Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006). Если ошибка представляла собой несимметричный относительно нуля диапазон, то делалось допущение о том, что значения на интервале распределены нормально, после чего вычислялось среднее значение ошибки на интервале. Вычисленные ошибки коэффициентов эмиссии колебались в диапазоне от 75% до 495%.

Оценки выбросов при газоотведении и сжигании в факелах достаточно надежны, если известны фактические объемы отведенных и сожженных газов. В настоящее время известны лишь объемы сожженного нефтяного (попутного) газа. Оценки других выбросов выполняли при помощи рекомендованных МГЭИК коэффициентов, ошибка определения которых может составлять порядок величины или более (МГЭИК, 2006). Наименее надежны оценки выбросов оксида диазота из-за сложного механизма его образования (Hayhurst и Lawrence, 1992). Однако, вклад N_2O в совокупный выброс незначителен.

Данные о деятельности были взяты из государственной статистической отчетности Российской Федерации, оценку точности которых производили путем сопоставления данных ФГБУ «ЦДУ ТЭК», Росстата²² и компании «Бритиш Петролеум» (BritishPetroleum)²³. Сопоставление показало, что данные о деятельности нефтегазовой отрасли достаточно надежны. Ошибка данных не превышает 0,55 %.

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). Общая неопределенность оценок выбросов по категории источников 1.B.2 в 2016 году составляет 175,6 %, а неопределенность тенденции выбросов – 249,3 %. Наибольший вклад в неопределенность дают выбросы диоксида углерода и метана от операций по разведке в нефтяном секторе и метана от добычи природного газа. Причиной является использование в расчетах коэффициентов эмиссии МГЭИК, имеющих высокую неопределенность.

²² база данных ЕМИСС, <http://www.gks.ru>

²³ <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/statistical-review-downloads.html>

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.В.2, соответствующая уровню 2 (МГЭИК, 2006). При выполнении процедур обеспечения и контроля качества были осуществлены формальный контроль и перекрестная проверка данных о деятельности и результатов расчетов. Формальный контроль включал проверку размерности данных и параметров, на основе которых выполнялись расчеты эмиссии. Были перепроверены результаты расчетов и проанализирована неопределенность, полнота и целостность доступных данных о деятельности и другой параметрической информации.

Отдельно проверялась согласованность данных и параметров при расчете выбросов во временном ряду с 1990 по 2016 гг. включительно. Перекрестная проверка данных, параметров и результатов расчетов осуществлялась специалистами Росстата и Минэнерго, куда кадастр был направлен для рецензирования.

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

В связи с уточнением данных о добыче угля, выполнены перерасчеты выбросов метана при добыче угля открытым способом в 2015 году. В результате перерасчетов совокупный выброс метана от добычи угля в 2015 г. вырос на 0,11%.

Выбросы от опробования и обслуживания газовых скважин, добычи и подготовки (продувки, сжигание и утечки) и транспортировки (продувки и утечки) природного газа были пересчитаны с использованием национальных коэффициентов эмиссии, которые были разработаны с учетом замечаний групп экспертов во время проверок кадастра и прошли успешную апробацию в соответствии с требованиями МГЭИК (Уварова и др., 2017, Uvarova et al, 2017). Изменения затронули разделы 1.В.2.В и 1.В.2.С. Перерасчеты выбросов были произведены с 1990 по 2016 гг. включительно, что привело к их сокращению на 19,6% и 0,9% для разделов 1.В.2.В и 1.В.2.С, соответственно. В результате внедрения разработанных коэффициентов структура выбросов в газовом секторе перераспределилась в соответствии с национальными особенностями отрасли. В частности, основная доля выбросов метана пришлась на транспорт газа, что представляется корректным ввиду значительной протяженности российской газотранспортной системы.

В кадастре также были выполнены перерасчеты эмиссии парниковых газов в связи с уточнением данных о деятельности нефтяного сектора в 2015 году. В результате перерасчетов совокупный эквивалентный выброс от операций с нефтью (1.В.2) в 2015 году вырос на 2,7 %.

3.3.4.5 Планируемые усовершенствования

В соответствии с замечаниями и предложениями в ходе рассмотрения национальных кадастров парниковых газов в 2017 гг., планируемые усовершенствования направлены на уточнение данных о деятельности нефтегазовой отрасли и внедрение более детализированных оценок выбросов от ключевых источников, соответствующих уровню 2 МГЭИК. Целью усовершенствований является снижение неопределенности оценок выбросов.

При поддержке Министерства энергетики Российской Федерации в 2016 году были разработаны национальные коэффициенты эмиссии для категорий источников российского нефтегазового сектора, выбросы от которых рассчитываются с использованием рекомендуемых МГЭИК параметров эмиссии. При их разработке были учтены особенности состава добываемого в России углеводородного сырья и применяемые в нефтегазовой отрасли технологии. В 2017 году осуществлялась апробация полученных национальных коэффициентов эмиссии в соответствии с требованиями МГЭИК.

Кроме того, планируется усилить мероприятия по обеспечению и контролю качества оценок выбросов парниковых газов в нефтегазовой отрасли. Предусмотрено внедрение комплексной проверки корректности расчетов по отдельным категориям источников сектора 1.В.2, соответствующей уровню 2 МГЭИК (МГЭИК, 2006).

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 2016 г. составила 218495 Гг CO₂-эквивалента.

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 56,2% 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. В 2016г. объем выбросов парниковых газов от промышленного сектора составляет 77,1% от уровня промышленного выброса парниковых газов в 1990 г.

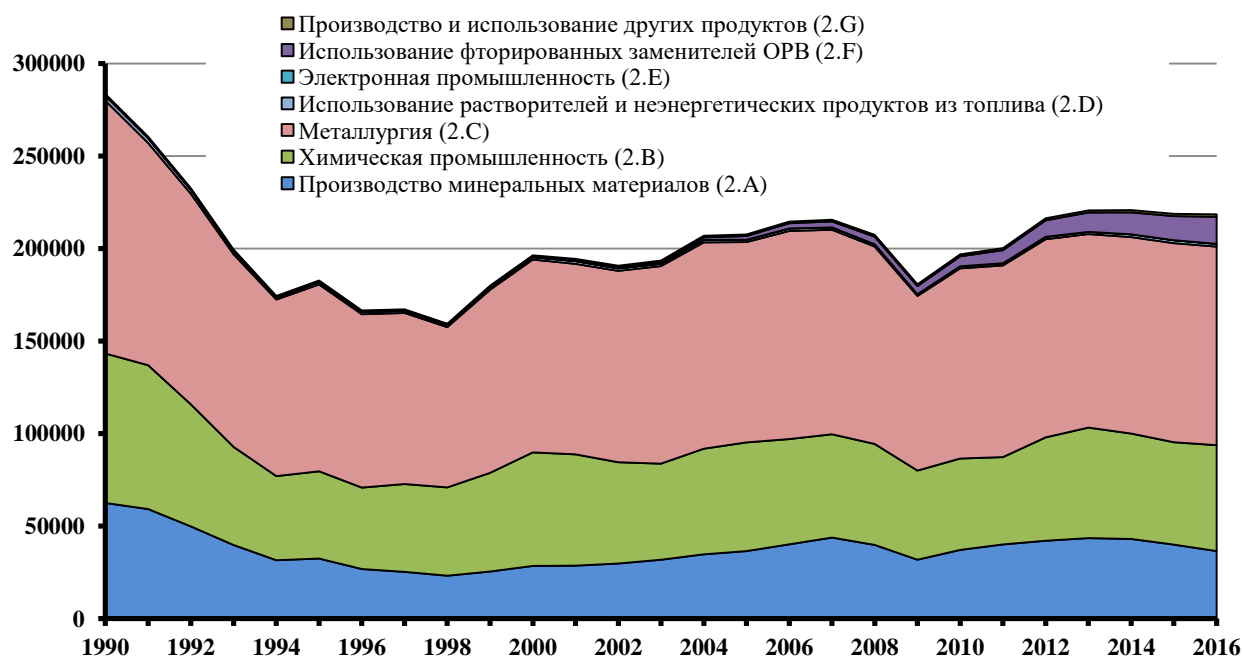


Рисунок 4.1 – Выбросы парниковых газов от сектора «Промышленные процессы» в 1990-2016 гг., Гг CO₂-экв.

Наиболее значительным источником выбросов в промышленном секторе является металлургия. Ее вклад в суммарный выброс парниковых газов в промышленности в 2016 г. составил 49,1%. Следующим по значению источником является химическая промышленность. Ее доля в суммарном выбросе – 26,2%. Доля выброса парниковых газов от производства минеральных продуктов составляет 16,7%. 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 CO₂-экв.

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство минеральных материалов													
62512	32487	28498	36508	43818	39841	31850	37143	40108	42096	43524	43065	40009	36510
Химическая промышленность													
80771	47147	61348	58744	55816	54568	48169	49384	47197	55865	59718	56973	55318	57234
Металлургия													
136629	100979	104211	108265	110531	106675	94372	102776	103566	107084	104575	106159	107577	107306
Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива													
2758	1331	1293	1234	1272	1229	904	1124	1180	1298	1201	1503	1590	1475
Электронная промышленность													
5	2	5	8	9	9	9	6	8	4	3	10	10	25
Использование фторированных заменителей ОРВ													
8	36	208	2002	3203	4084	4410	5387	7069	8919	10470	11850	13035	14621
Производство и использование других продуктов													
790	754	785	866	913	998	984	1046	1078	1091	1120	1221	1229	1325
Всего													
283472	182736	196349	207626	215562	207404	180698	196865	200206	216357	220610	220780	218769	218495

4.2 Производство минеральных материалов (2.A)

4.2.1 Обзор

В этом субсекторе оцениваются выбросы CO₂ 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 SO₂ 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 CO₂ от которых составили в 2016г. 55,7% и 24,3% общего выброса парниковых газов от производства минеральных материалов (2.A). Выбросы CO₂ от других видов использования карбонатов (2.A.4d), производства стекла (2.A.3), керамических изделий (2.A.4a), использования кальцинированной соды (2.A.4b) и неметаллургического производства магнезии (2.A.4c) в 2016г. составили, соответственно, 6,0%, 4,8%, 3,4%, 3,0% и 2,9% от общего выброса CO₂ 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 37,1% от уровня 1990г. С 1999г. наблюдался рост выбросов. В 2016г. общий выброс парниковых газов в субсекторе 2.А составил 58,4% от уровня 1990г.

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

4.2.2 Методика расчетов

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

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

Использовалось национальное значение содержания СаО в клинкере по массе, равное 65,6%; и поправочный коэффициент (CKD Correction factor) по умолчанию (IPCC, 2000) 1,02.

Таблица 4.2

Выбросы CO₂ от производства продукции из минерального сырья, Гг.

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство цемента													
34609	16646	15113	22256	27645	23625	19746	22688	25090	26252	27199	26373	23066	20339
Производство извести													
12501	7100	6891	7831	8931	8782	6497	7540	7982	8418	8741	9300	9013	8852
Производство стекла													
455	322	386	683	985	1102	1008	1544	1623	1725	1735	1729	1657	1734
Производство керамических изделий													
2125	1203	941	1004	1216	1325	968	1163	1325	1493	1552	1613	1481	1253
Использование кальцинированной соды													
1315	740	721	914	1072	1076	930	1070	1103	1088	1068	1162	1068	1083
Неметаллургическое производство магнезии													
2041	1583	1157	1294	1362	1204	976	1139	1178	1252	1170	1057	926	1054
Другие виды использования карбонатов (использование доломитов для производства огнеупоров)													
9464	4893	3288	2526	2607	2727	1724	1998	1807	1869	2060	1831	2798	2195
Всего													
62512	32487	28498	36508	43818	39841	31850	37143	40108	42096	43524	43065	40009	36510

Содержание СаО в клинкере российского производства определялось на основании данных о содержании СаО в клинкере, полученных от 19 из 52 действующих цементных заводов с долей в производстве клинкера, составляющей 61% суммарного производства клинкера в Российской Федерации. Среднее значение содержания СаО в клинкере рассчитывалось как средневзвешенное с учетом объемов производства клинкера на заводах.

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 эмиссии SO₂, равный 0,3 кг SO₂/т. произведенного цемента (IPCC, 1996).

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

Выбросы CO₂ от производства извести оценивались по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Для жирной извести использовался коэффициент эмиссии CO₂ по умолчанию (IPCC,

2006), равный 0,75 т CO₂/т произведенной извести. Для доломитовой извести использовался коэффициент эмиссии CO₂, равный 0,86 т CO₂/т произведенной извести (IPCC, 2006).

Данные о производстве извести получены из базы данных Росстата и приводятся в таблице 4.4. Производство строительной извести, в силу относительно небольших объемов ее потребления, осуществляется на многочисленных, преимущественно маломощных, территориально рассредоточенных предприятиях. Технологическая известь выпускается как крупными, так и мелкими производителями, как правило, для собственных нужд. В государственной статистике РФ отсутствуют детализированные данные о производстве жирной и доломитовой извести. При расчетах доля доломитовой извести в общем производстве извести принята равной 15% – значение по умолчанию (IPCC, 2006).

Таблица 4.3

Производство цементного клинкера в России, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
65830	31663	28746	42333	52583	44938	37559	43155	47724	49933	51734	50164	43873	38687

Таблица 4.4

Производство извести в России, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
16309	9263	8991	10216	11652	11457	8476	9837	10413	10983	11404	12133	11759	11549

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

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

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

Таблица 4.5

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

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

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

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

Выбросы от производства стекловолокна оценивались на основе данных Росстата о производстве теплоизоляционных изделий из стекловаты и стеклотканей (табл. 4.6). Эти данные частично представлены в единицах веса, частично в единицах объема и площади. Оценка средней плотно-

сти стеклотканей и стекловаты выполнена по данным строительных компаний. Для расчетов приняты следующие значения: 50 кг/м³ для стекловаты и 50 г/м² для стеклотканей.

Таблица 4.6

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

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Строительное ^{1,3)} , млн. м ²													
144,5	61,4	40,2	34,9	55,2	64,1	41,4	59,6	71,8	67,8	63,4	82,5	99,6	107,6
Листовое термополированное ^{1,2,4)} , млн. м ²													
49,6	41,5	52,5	85,5	115,8	130,8	143,1	146,8	140,6	149,6	177,6	175,7	139,4	140,5
Трехслойное безосколочное ^{1,5)} , млн. м ²													
2,8	1,6	1,6	1,7	2,4	2,2	1,5	2,3	2,5	2,9	2,7	3,3	3,5	4,7
Закаленное (сталинит) ^{1,6)} , млн. м ²													
	3,0	3,9	5,6	5,0	5,1	2,5	3,8	4,4	4,7	5,2	4,9	4,6	4,9
Бутылки ⁷⁾ , млн. шт.													
1414	1769	3001	7115	10776	11937	9693	10985	11682	12400	11160	10521	9994	10586
Банки, млн. шт.													
414	518	773	1013	1282	1551	1640	1566	1379	1725	1489	1588	1910	2002
Стеклохолст (стеклорогожка), тыс. м ²													
		5247	58330	39482	213071	209587							
Ленты, ровинг (ровница) и пряжа из стекловолокна, стекловолокно рубленое, тыс. тонн													
							54,1	69,1	70,6	82,0	92,8	99,1	112,0
Стекловолокно непрерывное и изделия из него, тыс. тонн													
		35,9	108,5	159,9	153,1	94,5							
Сетки, холсты, маты, матрасы, плиты и прочие изделия из стекловолокна, кроме тканей, тыс. м ³													
							53113	58459	63119	62423	61738	64244	67314

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 Федера-

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

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

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

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

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

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

Таблица 4.9

Производство керамических изделий в России.

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
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	5888	6422	4626	5627	6408	7261	7534	7854	7125	5912
Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен, тыс. м ²													
29700	20663	29011	58832	67920	73715	52576	57439	61356	65575	70373	71552	76653	71862
Плитки керамические для полов, тыс. м ²													
11300	6398	12574	41317	69203	73521	65037	69960	83475	88243	92608	93177	91838	92348
Плитки керамические фасадные разных расцветок, тыс. м ²													
16800	4950	1576	654	487	601	589	756	1508	2282	2686	3229	3171	3410
Изделия санитарные керамические, тыс. шт.													
6635	4407	5518	7742	9931	11278	10589	11478	12354	12677	12976	12662	13880	14601

Таблица 4.10

Средний вес керамических изделий, кг

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

Выбросы CO₂ от использования кальцинированной соды (2.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 CO₂/т использованной кальцинированной соды.

При оценке выбросов CO₂ от использования соды предполагалось, что объем потребления соды в России равен объему ее производства – экспорт + импорт. Использовались данные Росстата о производстве кальцинированной соды. Данные об объемах экспорта и импорта кальцинированной соды в 1996-2016 гг. получены из базы данных Федеральной таможенной службы. 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	2007	2008	2009	2010 ²⁾	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство													
3240	1823	2201	2582	2939	2820	2322	2670	2822	2807	2477	3052	3078	3234
Экспорт ¹⁾													
		479,9	544,1	734,1	550,0	378,7	452,3	566,5	628,6	495,5	479,5	621,4	714,7
Импорт ¹⁾													
		17,0	164,3	378,4	323,2	298,3	361,1	401,8	442,9	591,2	227,4	117,2	89,0

¹⁾ По данным Федеральной Таможенной службы с учетом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС.

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

Выбросы CO₂ от неметаллургического производства магнезии (2.A.4c)

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

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

При расчетах использовался коэффициент выбросов МГЭИК, основанный на соотношении молекулярных весов магнезита и CO₂ и равный 0,522 тонны CO₂/тону 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 экстраполяции.

Таблица 4.12

Добыча магнезита в России, тыс. т

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
4654	3609	2637	2950	3209	2745	2226	2575	2668	2816	2618	2238	1977	2162 ¹⁾

¹⁾ оценка

Выбросы CO₂ от другого использования карбонатов (использование доломитов в качестве огнеупоров) (2.A.4.d)

В предыдущем кадастре выбросов парниковых газов в этом разделе учитывались также выбросы CO₂ от использования известняков в качестве флюсов в черной металлургии. В настоящем кадастре эти выбросы учитываются в разделе 2.C.1 Производство чугуна и стали в соответствии с требованиями МГЭИК.

Выбросы CO₂ от использования доломитов оценивались по методике уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006). Для оценки выбросов CO₂ использовался коэффициент эмиссии по умолчанию, равный 0,477 тонн CO₂/тонну доломита (IPCC, 2006), рассчитанные на основании стехиометрического уравнения для химически чистых доломитов.

Выбросы CO₂ от использования доломитов связаны с производством смолодоломитовых и смолодоломит-магнезитовых огнеупоров, доломитового кирпича, заправочного материала (устройство и ремонт отдельных частей мартеновских печей и конвертеров) преимущественно в металлургии.

Оценка объемов использования доломитов в производстве огнеупорных материалов выполнена в отчетах (Сенаторов и др., 2006 – 2015). Оценка объемов использования доломитов в производстве огнеупоров проводилась по объемам добычи доломитов для металлургии. Мониторинг добычи карбонатных пород для различных производств ведется в рамках Государственного баланса запасов полезных ископаемых 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 CO₂ используются данные Росстата о добыче доломитов.

Таблица 4.13

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

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010 ¹⁾	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Объем добычи доломитов													
23,6	12,2	8,2	6,3	6,5	6,8	4,3	5,0	4,6	5,4	5,9	6,2	9,5	7,5
Использование доломитов в металлургии													
21,8	11,3	7,6	5,8	6,0	6,3	4,0	4,6	4,2	4,3	4,8	4,2	6,5	5,1

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 в сырье, %	Минимальное содержание карбонатных пород в сырье, %	Источник информации
Конвертерные доломиты	33	19	86,92	11,72	92,78	ТУ 14-8-232-77 Доломит дробленый для производства конвертерных огнеупоров
Доломит для обжига и заправки мартеновских печей		19	87,69	11,72	93,56	ОСТ 1485-82 Доломит обожженный металлургический
Доломит для обжига и заправки мартеновских печей		17	77,77	15,99	85,76	ОСТ 1485-82 Доломит обожженный металлургический
Доломит для заправки и подсыпки порогов мартеновских печей		12	54,89	15,99	62,89	ОСТ 1484-82 Доломит сырой металлургический
Химически чистый доломит	21,86	30,41	100	0		Бирюлев Г.Н. и др., 1999

Для каждой области использования доломитов определялось среднее минимальное допустимое содержание карбонатных пород в сырье. Для корректировки выбросов CO_2 использовались средние значения между чистыми (100%) доломитами и минимальным допустимым по ГОСТу содержанием доломитов в сырье. Эти значения приводятся в таблице 4.15 для каждой области использования известняков и доломитов.

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 CO₂ проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2000, 2006) для следующих источников:

- производство цемента;
- производство извести;
- производство стекла;
- другие процессы с использованием карбонатов;
- потребление кальцинированной соды.

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

Производство цемента. Неопределенность исходных данных Росстата о производстве клинкера составляет 3%. Неопределенности, связанные с принятыми по умолчанию параметрами расчета выбросов CO₂, составляют 6% для предположения о содержании CaO в клинкере, равного 65,6%, 2% для предположения о том, что весь CaO в клинкере получен в результате обжига известняка (IPCC, 2006). Установленное по умолчанию значение потерь цементной пыли при производстве клинкера, равное 2% (IPCC, 2006), в условиях устаревшего оборудования на российских цементных заводах может быть значительно выше. Неопределенность этого параметра достигает 100%.

Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CO₂ от производства цемента составляет 8%.

Производство извести. Строительная и технологическая известь производится многими, в том числе мелкими предприятиями, преимущественно для собственных нужд и не всегда учитывается органами государственной статистики. Поэтому неопределенность данных Росстата об объемах производства строительной и технологической принимается равной 30%.

Неопределенности, связанные с использованием установленных по умолчанию коэффициентов выбросов, для жирной и доломитовой извести составляют соответственно 2% и 2% (IPCC, 2006).

Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CO₂ от производства извести практически полностью определяется неопределенностью исходных данных о производстве извести и составляет 31%.

Производство стекла. Неопределенность данных о деятельности с учетом перевода в весовые единицы составляет 10% для листового и тарного стекла и 20% – для стекловолокна. Неопределенность коэффициентов выбросов – 10% (IPCC, 2006). Неопределенность, связанная с долей стеклобоя составляет от 10 (для листового стекла) до 30% (для стекловолокна) (IPCC, 2006). Суммарная неопределенность оценки выбросов CO₂ от производства стекла по методике уровня 2 составляет 18%.

Другие процессы с использованием карбонатов. Неопределенность оценки объемов использования доломитов в обжиговых производствах составляет 7% (Сенаторов, 2006).

Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ определяется неопределенностью содержания химически чистого доломита в реальных доломитах и составляет не более 3%, в связи с жесткими требованиями к качеству исходного минерального сырья, предъявляемыми действующими стандартами и техническими условиями.

Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CO₂ от использования доломитов составляет около 8%.

Потребление кальцинированной соды. Неопределенность выбросов CO₂ при потреблении кальцинированной соды полностью определяется неопределенностью данных об объемах потребления соды, так как коэффициенты выбросов определяются по стехиометрии.

Неопределенность данных о потреблении кальцинированной соды может достигать 20%, в 1990-1995 гг., так как отсутствуют данные об объемах экспорта и импорта кальцинированной соды в этот период. В 1996-2015 гг. неопределенность выбросов CO₂ от использования кальцинированной соды составляет не более 3%.

4.2.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

В настоящем кадастре выбросов парниковых газов выполнены перерасчеты выбросов CO₂ от другого использования карбонатов (2.A.4.d). Выбросы CO₂ от использования известняков в качестве флюсов в металлургии в настоящем кадастре в соответствии с требованиями МГЭИК учтены в разделе 2.C.1 (Производство чугуна и стали). В субсекторе 2A учитываются только выбросы от использования доломитов в качестве огнеупорных материалов.

Кроме того, выполнены перерасчеты выбросов CO₂ от производства керамических изделий (2.A.4a) в 2010 - 2015 гг. и выбросы CO₂ от производства стекла (2.A.3) в 2015 г. Перерасчеты выполнены в связи с корректировкой данных о деятельности.

В соответствии с рекомендациями Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению планируется подтвердить актуальность принятого значения содержания СаО в сырье для производства клинкера для периода после 2010 г.

4.3 Химическая промышленность (2.B)

4.3.1 Обзор

Для субсектора «Химическая промышленность» проводилась оценка выбросов следующих парниковых газов: CO₂ 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); CH₄ от производства карбида кремния (2.B.5.b) и нефтехимических производств (2.B.8); N₂O 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, SO₂ от производства аммиака и NO_x от производства азотной кислоты, выбросы SO₂ от производства серной кислоты, НМЛОС, SO₂, CO, NO_x от производства технического углерода, НМЛОС от производства этилена, пропилена, полипропилена, полистирола, поливинилхлорида, полиэтилена, стирола, этилбензола и акрилонитрила (2.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 CO₂ 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 1998г. выбросы парниковых газов в химической промышленности достигли минимального уровня и составляли 60,2% от выбросов 1990г. В 2016г. суммарные выбросы парниковых газов от химической промышленности составили 57234 Гг CO₂-экв. или 70,9% от уровня 1990г.

Таблица 4.16

Выбросы парниковых газов в химической промышленности, Гг CO₂-экв

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Выбросы CO ₂ от производства аммиака													
31254	24785	25269	28494	29569	28211	28273	28856	30157	29953	30556	31085	32487	34692
Стоки CO ₂ при производстве карбамида													
-3299	-2910	-2425	-3362	-3949	-3428	-3613	-4029	-4241	-4346	-4481	-4404	-4727	-5305
Выбросы CO ₂ от производства и потребления карбида кальция													

Продолжение таблицы 4.16

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
854	451	565	420	431	391	246	211	194	174	161	149	22	21
Выбросы CO ₂ от производства карбида кремния													
83	100	109	138	144	150	142	178	176	189	164	167	183	173
Выбросы CO ₂ от производства диоксида титана													
6,7	5,4	5,1	3,6	5,0	0,3	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Выбросы CO ₂ от производства метанола													
1680	1020	1282	1972	2367	2353	1571	1971	2102	2229	2359	2393	2411	2451
Выбросы CO ₂ от производства этилена													
5214	3590	4249	4726	4769	5257	5120	5355	5553	5174	6025	5387	6001	6277
Выбросы CO ₂ от производства винилхлорида (этилендихлорида/хлористого винила)													
131	80	147	176	176	174	159	163	171	184	186	182	163	145
Выбросы CO ₂ от производства окиси этилена													
539	363	395	467	456	459	377	414	391	364	383	340	231	224
Выбросы CO ₂ от производства акрилонитрила													
121	92	83	152	138	136	139	139	125	139	139	139	139	139
Выбросы CO ₂ от производства сажи (технического углерода)													
2537	816	1116	1786	1743	1654	1395	1749	1902	1910	2006	2054	2162	2319
Всего CO ₂													
39122	28392	30794	34974	35850	35358	33809	35006	36532	35969	37498	37492	39071	41136
Выбросы CH ₄ от производства карбида кремния													
10	12	13	17	18	19	17	22	22	23	20	21	23	21
Выбросы CH ₄ от производства метанола													
144	88	110	169	203	202	135	169	180	191	202	205	207	210
Выбросы CH ₄ от производства этилена													
174	120	142	158	159	175	171	179	185	173	201	180	200	209
Выбросы CH ₄ от производства винилхлорида (этилендихлорида/хлористого винила)													
0,25	0,15	0,28	0,34	0,34	0,33	0,30	0,31	0,33	0,35	0,36	0,35	0,31	0,28
Выбросы CH ₄ от производства окиси этилена													
28	19	20	24	24	24	20	21	20	19	20	18	12	12
Выбросы CH ₄ от производства акрилонитрила													
0,54	0,41	0,37	0,68	0,62	0,61	0,62	0,62	0,56	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62

Продолжение таблицы 4.16

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Выбросы CH ₄ от производства сажи (технического углерода)													
1,45	0,47	0,64	1,02	1,00	0,95	0,80	1,00	1,09	1,09	1,15	1,18	1,24	1,33
Всего CH ₄													
359	239	287	370	406	421	344	393	410	408	446	425	444	455
Выбросы N ₂ O от производства азотной кислоты													
3590	2283	2549	3481	3686	3310	4250	4388	4557	4468	4640	4546	4946	5178
Выбросы N ₂ O от производства капролактама													
621	425	662	827	900	849	856	884	972	884	930	823	876	961
Выбросы N ₂ O от производства глиоксаля													
0	0	0	0	0	0	24	24	24	29	36	36	36	36
Всего N ₂ O													
4211	2708	3211	4308	4586	4159	5130	5295	5553	5381	5605	5405	5857	6175
Выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22													
35937	15426	26399	17862	13737	13933	8239	8196	4399	9079	11489	13124	9452	9150
Фугитивные выбросы от производства ГФУ-23													
-	-	-	2,12	1,15	1,50	0,31	0,36	0,23	-	-	0,14	-	-
Фугитивные выбросы от производства ГФУ-125													
-	-	3,31	21,40	6,37	14,27	14,27	4,11	7,03	1,27	-	0,15	-	-
Фугитивные выбросы от производства ГФУ-227ea													
-	-	-	0,25	-	0,45	0,45	-	-	-	-	-	-	-
Всего ГФУ													
35937	15426	26402	17886	13744	13949	8254	8200	4407	9080	11489	13124	9452	9150
Фугитивные выбросы от производства CF ₄													
1,17	2,67	13,78	9,11	14,58	12,27	4,88	2,40	3,17	-	2,53	0,83	0,48	0,53
Фугитивные выбросы от производства C ₃ F ₈													
0,25	0,02	0,75	0,72	0,80	2,42	2,83	3,88	3,20	0,26	2,01	1,81	1,49	0,83
Фугитивные выбросы от производства c-C ₄ F ₈													
2,42	0,09	3,20	5,92	7,41	5,79	4,60	0,24	3,39	2,04	2,23	2,54	3,65	6,49
Всего ПФУ													
3,84	2,78	17,73	15,75	22,79	20,48	12,31	6,52	9,75	2,30	6,77	5,18	5,62	7,84
Фугитивные выбросы от производства SF ₆													
1138	379	636	1190	1207	661	620	484	286	5025	4674	521	488	311
Всего выбросы парниковых газов от химической промышленности													
80771	47147	61348	58744	55816	54568	48169	49384	47197	55865	59718	56973	55318	57234

Основным источником парниковых газов в химической отрасли являются выбросы CO₂ от производства аммиака, доля которых в 2016г. составила 60,6%. Следующие по значимости источники парниковых газов – производство этилена, выбросы от которого составили

11,0% суммарного выброса парниковых газов в химической промышленности, и производство азотной кислоты, выбросы N_2O от которого составили 9,0% 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 2016 г. составляли 0,8% суммарного выброса парниковых газов в химической промышленности. Выбросы от производства фторсодержащих соединений в 2016 г. составили 9469 Гг CO_2 – эквивалента, что составляет 16,0% суммарного выброса парниковых газов в химической промышленности.

4.3.2 Методика расчетов

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

В настоящем кадастре оценка выбросов CO_2 от производства аммиака была рассчитана в соответствии с методикой Уровня 3 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 наблюдается постепенное снижение удельного потребления природного газа на производство 1 тонны аммиака: если в 1990г. оно составляло для различных агрегатов 1228 – 1780 m^3/t , то в 2013г. – 973 – 1344 m^3/t .

По полученным данным было рассчитано средневзвешенное удельное потребление природного газа для производства 1т аммиака. Эти данные 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 0,995 (сектор Энергетика).

Национальное значение коэффициента углеродного содержания природного газа разработано с учетом физико-химических характеристик товарного газа, транспортируемого по магистральным трубопроводам и поступающего потребителям (НДК, 2014, Приложение 3.4).

Помимо выбросов CO_2 , для производства аммиака оценивались выбросы НМЛОС, CO и SO_2 . 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 4.18) 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.

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

Таблица 4.17

Производство синтетического аммиака, удельное потребление природного газа для производства аммиака и производство карбамида в России

Годы	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010 ¹⁾	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Объем производства аммиака, тыс. т	12592	9657	10640	12473	13151	12702	12949	13295	13924	13836	14434	14600	15152	16181
Удельное потребление природного газа, м ³ /т	1356	1402	1298	1249	1229	1214	1193	1186	1183	1183	1157	1163	1171	1171
Объем производства карбамида, тыс. т	4500	3970	3309	4586	5388	4677	4929	5497	5786	5929	6113	6009	6449	7238

¹⁾ с 2010г. аммиак безводный

Выбросы NO_x оценивались по методике МГЭИК (IPCC, 1996). В связи с тем, что в конце 80 – начале 90 годов в России были выведены из эксплуатации старые производства азотной кислоты, использующие процесс под атмосферным давлением (Пископпель, 2001), при расчетах использовался коэффициент эмиссии по умолчанию для технологических процессов под высоким давлением, равный 0,55 кг NO_x / т азотной кислоты.

Получение данных об объемах производства азотной кислоты в России столкнулось с трудностями, связанными с тем, что статистика не учитывает выпуск слабой (неконцентрированной) кислоты, перерабатываемой на предприятиях – производителях в другую продукцию. Полностью учитывается производство товарной слабой кислоты и производство крепкой кислоты. Неконцентрированная азотная кислота, как правило, используется для внутризаводского применения и практически не транспортируется. Мощности по ее производству сбалансированы с мощностями по переработке: производству аммиачной селитры, сложных удобрений, получаемых азотнокислым или азотно-сернокислотным разложением фосфатного сырья и для других целей.

Объем неконцентрированной азотной кислоты, используемой в производстве удобрений, может быть оценен косвенно, по имеющимся данным об объемах производства минеральных удобрений. В национальном кадастре выбросов 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

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

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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство нитрата аммония	6614	4096	4667	6059	6563	5886	7862	7968	8245	8032	8401	8222	9030	9446
Производство нитрата кальция		2,6	3,2	11,3	10,5	8,8	7,3	6,6	4,6	6,9	12,2	30,1	50,3	83,1
Производство нитрата натрия	23,3	8,4	17,9	32,7	22,9	17,5	12,1	21,2	22,1	21,5	21,2	23,6	22,1	22,9
Производство нитроаммофосфатов	1180	1922	1845	3071	2947	2696	3537	3775	3912	3842	3856	3771	3876	3936
Расход азотной кислоты	5469	3640	4080	5454	5817	5225	6954	7094	7341	7159	7457	7313	7985	8351

Таблица 4.20

Производство азотной кислоты, тыс. т

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Крепкая, в моногидрате ¹⁾³⁾	649,2	227,7	205,6	162,9	156,6	163,8	125,8	117,2	121,3	131,2	127,7	114,6	108,2	117,7
Слабая, в моногидрате ⁴⁾	63,3	17,4	47,5	334,6	315,8	257,7	305,1	226,9	271,4	303,3	293,7	291,1	295,0	316,1
Слабая, использованная на производство минеральных удобрений	5469	3640	4080	5454	5817	5225	6954	7094	7341	7159	7457	7313	7985	8351
Всего, 100%-кислота ²⁾	6023	3831	4277	5841	6184	5553	7132	7362	7646	7497	7784	7628	8299	8688

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%

Выбросы N₂O от производства капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты (2.В.4)

Производство капролактама и глиоксаля сопровождается выбросами закиси азота на стадии окисления аммиака (при производстве капролактама) и при окислении ацетальдегида (этанала) (производство глиоксаля). Производство глиоксиловой кислоты в Российской Федерации отсутствует. Оценка выбросов N_2O от производства капролактама и глиоксаля проводилась с использованием методики уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006).

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.

Оценка выбросов N_2O от производства глиоксаля производилась по методике уровня 1 МГЭИК. Использовался коэффициент выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), равный 0,1 т N_2O /т. В Российской Федерации производство глиоксаля осуществляется с 2009 года. Российская статистика не учитывает производство глиоксаля и оценка выбросов выполнена на основе информации о существующих промышленных мощностях по производству глиоксаля.

Таблица 4.21

Производство капролактама и мощности по производству глиоксаля в России

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство капролактама, тыс. т	232	158	247	308	336	317	319	329	362	330	347	307	326	358
Мощности по производству глиоксаля, т	0	0	0	0	0	0	1000	1000	1000	1200	1500	1500	1500	1500

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

В данном разделе учтены выбросы CO_2 и CH_4 от производства карбида кремния (2.В.5.а) и выбросы CO_2 от производства и потребления карбида кальция (2.В.5.б).

Карбид кремния производится из кварцевого песка и нефтяного кокса, используемого в качестве источника углерода. В процессе производства около 35% углерода нефтяного кокса переходит в карбид кремния, а оставшая часть в избытке кислорода превращается в углекислый газ и выбрасывается в атмосферу.

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 1990-2015 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 0,99.

Карбид кальция производится путем прокаливания известняка и последующего восстановления извести углеродом, например, углеродом нефтяного кокса. Оба процесса приводят к выбросам CO_2 . Использование карбида кальция также сопровождается эмиссией CO_2 .

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

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 Федеральной Таможенной Службы об объемах экспорта и импорта карбида кальция в 1996-2016 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 2011-2016 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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство	36,5	43,8	47,9	60,8	66,6	70,2	64,8	72,9	73,0	68,1	71,4	74,0	78,3	76,3
Затраты нефтяного кокса	40,1	48,1	52,7	66,9	69,7	72,6	68,4	85,9	85,0	91,3	79,2	80,5	88,4	83,7

Таблица 4.23

Коэффициенты выбросов CO_2 от производства и потребления карбида кальция, т CO_2 /т карбида кальция

Технологические процессы	Коэффициент эмиссии
Прокаливание известняка	0,76
Восстановление	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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство	289,7	152,8	192,2	137,2	146,5	133,0	80,8	68,0	62,8	59,7	56,3	47,3	0,6	0,6
Экспорт ¹⁾			2,2	4,2	9,2	11,7	6,5	4,3	3,7	5,1	5,3	3,9	0,1	0,0
Импорт ¹⁾			0,0	18,2	7,9	10,7	13,7	13,6	12,0	2,8	5,4	12,6	18,0	17,2
Потребление	289,7	152,8	190,0	151,2	145,2	132,0	88,0	77,3	71,1	57,5	56,4	56,0	18,5	17,7

¹⁾ По данным Федеральной таможенной службы с учетом данных о взаимной торговле с государствами-членами ЕАЭС.

Для всех трех процессов использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006; IPCC, 1996), они приводятся в таблице 4.23.

Данные о производстве, экспорте, импорте и потреблении в стране представлены в таблице 4.24.

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

Производство диоксида титана по хлоридному способу сопровождается выбросами CO_2 в результате окисления углерода восстановителя в процессе получения титанового шлака из ильменитового концентрата. При расчетах принято предположение, что все производство диоксида титана в России осуществляется по хлоридному способу. 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 CO₂ от производства диоксида титана использовался коэффициент выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), равный 1,34 т CO₂ /т произведенного диоксида титана.

Таблица 4.25

Производство диоксида титана в России, тыс. т

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство диоксида титана, тыс. т	5,0	4,0	3,8	2,7	3,7	0,2	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Выбросы CO₂ и CH₄ от нефтехимического производства и производства сажи (2.B.8)

Оценка выбросов CO₂ и CH₄ 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 CO₂ и метана использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), приведенные в таблице 4.26.

Таблица 4.26

Коэффициенты выбросов CO₂ (т /т. продукции) и CH₄ (кг /т. продукции)

Наименование продукции	Коэффициент выбросов CO ₂ , т /т. продукции	Коэффициент выбросов CH ₄ , кг/т. продукции
Метанол	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.

Таблица 4.27

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

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Метанол ²⁾	2508,0	1522,9	1914,1	2943,1	3533,6	3512,5	2344,4	2941,9	3138,1	3327,5	3520,8	3571,9	3598,3	3658,8
Этилен	2318,5	1596,3	1889,2	2101,4	2120,6	2337,7	2276,6	2381,0	2469,2	2300,6	2679,1	2395,4	2668,5	2791,0
Винилхлорид	445,7	271,0	501,6	598,1	598,5	590,6	539,7	553,9	581,2	624,8	631,6	620,2	555,5	493,4
Окись этилена ³⁾	474,4	271,0	307,2	391,5	378,7	531,8	437,0	479,3	453,3	421,5	443,8	393,6	267,8	259,1
Акрилонитрил	121,0	92,0	82,8	152,0	138,4	135,5	138,6	138,6	125,3	138,6	138,6	138,6	138,6	138,6
Технический углерод ¹⁾	968,4	311,4	426,0	681,6	665,2	631,3	532,6	667,7	726,0	728,9	765,7	784,1	825,1	885,1

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 наректификат.

³⁾ с 2008 г. по данным предприятий производителей

При оценке выбросов CO₂ 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 CO₂ и CH₄, для производства технического углерода оценивались выбросы НМЛОС, NO_x, CO и SO₂. Для этой оценки использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 1996), равные, соответственно, 40 кг НМЛОС, 0,4 кг NO_x, 10 кг CO и 3,1 кг SO₂ на тонну произведенного технического углерода. Также оценивались выбросы SO₂ от производства серной кислоты.

В соответствии с методикой, описанной в (IPCC, 1996), проводился расчет выбросов НМЛОС для ряда производств химической и нефтехимической промышленности: этилена, пропилена, стирола, полипропилена, полистирола, полиэтилена, поливинилхлорида, акрилонитрила и этилбензола, объемы производства, которых по данным Росстата приводятся в таблице 4.28.

Таблица 4.28

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

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Пропилен/ с 2010г. Пропен (пропилен)													
990	681	856	1022	1050	1111	1163	1230	1220	1129	1329	1584	1810	1881
Полипропилен/ с 2010г. полипропилен в первичных формах													
97,1	62,2	233	349	591	509	603	628	682	661	873	1052	1296	1410
Полистирол и сополимеры стирола / с 2010г. полимеры стирола в первичных формах													
202	98,6	92,2	228	278	270	258	309	348	383	469	540	536	536
Поливинилхлоридная смола и сополимеры винилхлорида / с 2010г. полимеры винилхлорида или прочих галогенированных олефинов в первичных формах													
490	283	480	580	587	579	528	599	639	650	652	722	848	824
Полиэтилен / с 2010г. полимеры этилена в первичных формах													
767	685	923	1049	1246	1272	1412	1531	1659	1552	1865	1601	1793	1942
в том числе: низкой плотности/ с 2010г. полиэтилен плотностью менее 0,94 в первичных формах													
372	342	321	328	358	359	389	648	647	636	651	629	691	718
В том числе полиэтилен низкой плотности линейный/ с 2010г. полиэтилен линейный плотностью менее 0,94 в первичных формах													
							297	384	374	375	390	446	457
Полиэтилен высокой плотности/ с 2010г. полиэтилен плотностью не менее 0,94 в первичных формах													
391	340	434	475	604	630	695	794	934	853	1145	888	1017	1154
Стирол													
446	241	328	583	620	577	494	476	486	533	610	647	675	683
Этилбензол													
	38,1	343	428	666	612	558	539	548	599	682	717	753	760

Предполагалось, что разница между суммарным объемом производства полиэтилена и объемами производства полиэтилена высокой и низкой плотности обусловлена существова-

нием в России производства линейного полиэтилена низкой плотности. Используемые в расчетах коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 1996) представлены в таблице 4.29.

Оценка выбросов SO₂ от производства серной кислоты выполнялась на основе данных Росстата об объемах производства серной кислоты по методике МГЭИК (IPCC, 1996). Коэффициент выбросов SO₂ принимался равным 17,5 кг SO₂ на тонну произведенной серной кислоты. Данные о производстве серной кислоты представлены в таблице 4.30

Оценка выбросов CO, SO₂, NO_x приводится в таблице 4.31. Оценка выбросов НМЛОС в химической промышленности – в таблице 4.32.

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

Таблица 4.30

Производство серной кислоты в моногидрате в России, млн. т

Годы	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010 ¹⁾	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Объем производства	12,8	6,9	8,3	9,5	9,7	9,1	8,5	8,5	9,8	10,3	9,6	9,5	9,7	11,0

¹⁾ с 2010г. – кислота серная в моногидрате контактная

Таблица 4.31

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

	Газ	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство аммиака	CO	99,5	76,3	84,1	98,5	103,9	100,4	102,3	105,0	110,0	109,3	114,0	115,3	119,7	127,8
	SO ₂	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Производство азотной кислоты	NO _x	3,3	2,1	2,4	3,2	3,4	3,1	3,9	4,0	4,2	4,1	4,3	4,2	4,6	4,8
Производство технического углерода	CO	9,7	3,1	4,3	6,8	6,7	6,3	5,3	6,7	7,3	7,3	7,7	7,8	8,3	8,9
	NO _x	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
	SO ₂	3,0	1,0	1,3	2,1	2,1	2,0	1,7	2,1	2,3	2,3	2,4	2,4	2,6	2,7
Производство серной кислоты	SO ₂	224,0	120,8	145,3	166,3	169,8	159,3	148,8	148,8	171,5	180,3	168,0	166,8	170,4	192,9

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

Таблица 4.32

Выбросы НМЛОС от производства химической продукции, Гг

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Аммиак	59,2	45,4	50,0	58,6	61,8	59,7	60,9	62,5	65,4	65,0	67,8	68,6	71,2	76,1
Технический углерод	38,7	12,5	17,0	27,3	26,6	25,3	21,3	26,7	29,0	29,2	30,6	31,4	33,0	35,4
Этилен	3,2	2,2	2,6	2,9	3,0	3,3	3,2	3,3	3,5	3,2	3,8	3,4	3,7	3,9
Пропилен	1,4	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6	1,9	2,2	2,5	2,6
Полипропилен	1,2	0,8	2,8	4,2	7,1	6,1	7,2	7,5	8,2	7,9	10,5	12,6	15,6	16,9
Полистирол	1,1	0,5	0,5	1,2	1,5	1,5	1,4	1,7	1,9	2,1	2,5	2,9	2,9	2,9
Поливинилхлорид	4,2	2,4	4,1	4,9	5,0	4,9	4,5	5,1	5,4	5,5	5,5	6,1	7,2	7,0
Полиэтилен	3,6	3,2	4,1	4,5	5,5	5,7	6,3	6,9	7,7	7,1	9,0	7,3	8,3	9,2
Стирол	8,0	4,3	5,9	10,5	11,2	10,4	8,9	8,6	8,8	9,6	11,0	11,6	12,1	12,3
Этилбензол	–	0,1	0,7	0,9	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4	1,4	1,5	1,5
Акрилонитрил	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Всего	120,7	72,5	89,0	116,6	124,6	119,8	116,5	125,2	132,8	132,6	144,1	147,8	158,2	168,0

*Производство фторсодержащих соединений (2.В.9)**Выбросы ГФУ-23 как побочного продукта при производстве ГХФУ-22 (2.В.9.а)*

В настоящем кадастре оценка выбросов ГФУ-23 при производстве ГХФУ-22 проводилась по методике уровня 2 МГЭИК (IPCC, 2006) для всего временного ряда с учетом детальных данных об объемах производства, сбора и улавливания попутного ГФУ-23, а также данных о выходе ГХФУ-22 по углероду и фтору, собранных Министерством промышленности и торговли на заводах-производителях.

В Российской Федерации ГХФУ-22 производится на трех химических комбинатах: ОАО «Галополимер Пермь», ООО «Галополимер Кирово-Чепецк», ВОАО «Химпром». 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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ОАО «Галополимер Пермь»														
Выход ГХФУ-22 по углероду, %	91,9	94,4	95,7	95,1	95,6	94,4	94,5	94,7	93,8	93,0	93,2	91,3	91,0	91,2
Выход ГХФУ-22 по фтору, %	86,7	88,1	90,2	89,8	89,8	89,5	89,2	88,8	87,6	87,0	87,6	86,5	86,4	86,7
Коэффициент выбросов ГФУ-23	0,069	0,055	0,044	0,047	0,045	0,051	0,051	0,054	0,059	0,063	0,061	0,072	0,073	0,072
ООО «Галополимер Кирово-Чепецк»														
Выход ГХФУ-22 по углероду, %				97,1	97,6	96,8	97,4	97,0	97,0	94,0	90,5	95,4	96,1	93,6
Выход ГХФУ-22 по фтору, %				88,8	90,8	90,5	89,9	91,0	91,0	87,6	84,3	89,0	90,3	90,1
Коэффициент выбросов ГФУ-23	0,073	0,073	0,073	0,042	0,035	0,039	0,038	0,036	0,036	0,058	0,081	0,048	0,042	0,053
ВОО «Химпром»														
Выход ГХФУ-22 по углероду, %				84,7	85,6	83,2	68,5	77,5	82,1	80,0	85,0	84,0	84,0	
Выход ГХФУ-22 по фтору, %				78,9	78,5	79,9	65,9	68,8	73,4	73,0	76,0	77,0	77,0	
Коэффициент выбросов ГФУ-23				0,119	0,116	0,122	0,220	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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство ГХФУ-22 ¹⁾²⁾	37054	16591	29888	30203	31145	31284	18773	28382	32475	31534	21183	20776	20911	17460
Сбор и улавливание ГФУ-23	217	72	127	190	361	476	281	753	1354	1474	822 ³⁾	535 ³⁾	575 ³⁾	508 ³⁾

¹⁾ Данные Министерства промышленности и торговли РФ, с 2007г. – данные Росстата.²⁾ с 2010г. дифторхлорметан (хладон-22)³⁾ с 2013г. 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 1990-2016 гг. на предприятиях России производились следующие фторированные соединения:

- ГФУ: 1. трифторметан (ГФУ-23)
 2. пентафторэтан (ГФУ-125)
 3. дифторэтан (ГФУ-152a)
 4. гептафторпропан (ГФУ-227ea)

- ПФУ: 1. тетрафторметан (CF₄)
 2. октафторпропан (C₃F₈)
 3. октафторциклобутан (с-C₄F₈)

Производился также гексафторид серы (SF₆).

Данные по объемам производства ГФУ, ПФУ и гексафторида серы в 1990-2016 гг. собраны на предприятиях-производителях Министерством промышленности и торговли Российской Федерации и представлены в таблице 4.35.

Таблица 4.35

Производство галоидоуглеводородов и гексафторида серы в России, т

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ГФУ-23	0	0,04	0	28,61	15,48	20,27	4,18	4,89	3,14	0	0	1,88	0	0
ГФУ-125	0	0	189,00	1222,70	363,76	815,27	815,27	234,82	401,46	72,84	0	8,67	0	0
ГФУ-227ea	0	0	0	15,40	0	27,95	27,95	0	0	0	0	0	0	0
CF ₄	31,56	72,24	372,87	246,60	394,56	332,02	132,02	65,05	85,84	0	68,42	22,52	13,04	14,20
C ₃ F ₈	5,75	0,51	17,00	16,20	18,09	54,70	64,00	87,80	72,40	6,00	45,60	40,89	33,76	18,69
c-C ₄ F ₈	46,92	1,70	62,20	114,96	143,97	112,47	89,41	17,1	60,7	39,58	43,30	49,41	70,80	127,0
SF ₆	244,71	90,26	162,76	849,58	881,89	929,15	831,63	933,46	1122,67	1275,52	1184,02	1319,23	1189,46	1166,55

Оценка выбросов проводилась по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Для расчета выбросов ГФУ и ПФУ использовался коэффициент выбросов по умолчанию МГЭИК, равный 0,5% от объема производства соответствующего хладагента.

Гексафторид серы (SF₆) повышенной чистоты в России производится на двух предприятиях: ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» и ОАО «Галополимер Пермь». В настоящем кадастре выбросов парниковых газов расчет фугитивных выбросов SF₆ 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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>ОАО «Галополимер Пермь»</i>													
20,4	18,4	22,1	4,9	2,0	3,7	2,3	2,9	1,2	26,8	25,6	2,0	2,0	1,0
<i>ООО «Галополимер Кирово-Чепецк»</i>													
–	–	0,9	7,6	14,6	2,2	4,8	1,2	1,0	0,9	0,9	0,9	1,4	1,5

4.3.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2.В оценка неопределенностей выбросов CO₂, CH₄ и N₂O 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 CO₂ от производства аммиака равна 5%.

Неопределенность данных Росстата об объемах производства аммиака – 3%.

Неопределенность оценки выбросов двуокиси углерода при производстве аммиака не превышает 6%.

Производство азотной кислоты. Неопределенность коэффициентов выбросов N₂O для заводов использующих метод неселективного каталитического восстановления в процессе обработки остаточного газа составляет 10% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных Росстата о производстве азотной кислоты с учетом оценок количества азотной кислоты, использованной на азотных комбинатах для производства удобрений, также составляет 5%.

Таким образом, неопределенность оценки выбросов N₂O от производства азотной кислоты составляет около 11%.

Производство капролактама и глиоксаля. Неопределенность коэффициентов выбросов N₂O от производства капролактама составляет 40% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных об объемах производства капролактама – 3%.

Неопределенность коэффициентов выбросов N₂O от производства глиоксаля составляет 10% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных об объемах производства глиоксаля – 30%.

Неопределенность оценки выбросов N₂O при производстве капролактама составляет 40%, глиоксаля – 32%.

Производство карбида кремния. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ и CH₄ от производства карбида кремния составляет 10% (IPCC, 2006). Неопределенность данных предприятия об объемах производства карбида кремния и затрат нефтяного кокса на это производство не превышает 2%.

Общая неопределенность оценки выбросов CO₂ и CH₄ от производства карбида кремния определяется неопределенностью коэффициентов выбросов и составляет 10%.

Производство и использование карбида кальция. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ от производства и потребления принимается равной 10% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных Росстата о производстве карбида кальция – 3%.

Неопределенность данных Федеральной таможенной службы об объемах экспорта и импорта карбида кальция также принимается равной 3%.

Таким образом, неопределенность данных о потреблении карбида кальция в 1996-2012 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 1996-2012 гг.

Производство диоксида титана. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ от производства диоксида титана хлоридным способом равна 15% (IPCC, 2006).

Неопределенность данных об объемах производства диоксида титана – 50%.

Неопределенность оценки выбросов двуокиси углерода при производстве диоксида титана составляет примерно 52%.

Нефтехимическое производство и производство сажи. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ от производства в нефтехимической промышленности составляет от 10 до 60%. Неопределенность коэффициентов выбросов CH₄ от производства в нефтехимической промышленности составляет от 10 до 85%.

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

Производство метанола

Неопределенность оценок выбросов CO₂ 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 выполнен перерасчет выбросов углекислого газа и метана от производства окиси этилена в 2015 г. Перерасчет выполнен в связи с уточнением данных о деятельности.

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.

Таблица 4.37

Выбросы парниковых газов в металлургии, Гг CO_2 -экв

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Выбросы CO_2 от производства окатышей, чугуна, стали и железа прямого восстановления													
113509	80812	86344	92658	95201	91361	81742	88768	89740	92950	91025	93249	94233	94029
Выбросы CO_2 от производства ферросплавов													
2848	1732	2435	3117	3482	3321	2737	3595	3868	3907	3833	3881	3762	3335
Выбросы CO_2 от производства алюминия													
4880	4794	5342	6001	6644	7005	6369	6574	6454	6685	6112	5791	5897	6130
Выбросы CO_2 от производства свинца													
29	14	26	33	51	58	62	67	65	67	58	56	63	58
Выбросы CO_2 от производства цинка													
180	107	153	127	157	163	141	155	159	161	141	145	126	137
Всего CO_2													
121446	87458	94301	101936	105535	101909	91051	99159	100285	103770	101168	103122	104081	103689
Выбросы CH_4 от производства чугуна, стали и железа прямого восстановления													
74	74	87	100	105	101	94	101	103	104	104	105	107	107
Выбросы CH_4 от производства ферросплавов													
17	11	19	20	24	23	20	24	28	28	27	28	28	25
Всего CH_4													
92	85	106	120	129	124	114	125	130	132	132	133	136	132
Выброс CF_4 от производства алюминия													
13080	11697	8477	5521	4350	4131	2862	3125	2823	2865	2982	2648	3066	3179
Выброс C_2F_6 от производства алюминия													
2011	1738	1328	688	517	511	345	368	327	317	294	255	294	306
Всего ПФУ													
15091	13436	9804	6209	4867	4642	3207	3493	3150	3182	3275	2903	3360	3485
Всего													
136629	100979	104211	108265	110531	106675	94372	102776	103566	107084	104575	106159	107577	107306

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 2016г. суммарный выброс парниковых газов от металлургии составил 107306 Гг CO_2 -эквивалента, что соответствует 78,5% от уровня выбросов в металлургии в 1990г.

Основным источником выбросов в металлургии является выплавка чугуна и стали (2.С.1), выброс от которой в 2016г. составил 87,7% общего выброса парниковых газов в металлургической промышленности. Следующим по значению источником является производство первичного алюминия (2.С.3). В 2016г. выброс от этого источника составил 9,0% обще-

го выброса. Выброс парниковых газов от производства ферросплавов (2.С.2) в 2016г. составил 3,1% общего выброса. Выбросы парниковых газов от производства свинца и цинка составляют лишь 0,1% и 0,1% суммарного выброса парниковых газов в металлургии.

4.4.2 Методика расчетов

Выбросы CO_2 и CH_4 от производства чугуна и стали (2.С.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 выполнен перерасчет выбросов CO_2 от производства агломерата, чугуна и стали на основании публикуемых в бюллетене «Черная металлургия» отраслевых данных об удельном использовании сырья и топливно-энергетических ресурсов в черной металлургии (Шевелев, 1996; Катунин В.В., Юзов О.В., Исаев В.А., 2000; Катунин В.В., 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2011; Катунин В.В., Антипин В.Г., 2013; Катунин В.В., Петракова Т.М., Иванова И.М., 2015, 2017).

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 м³/тонну агломерата. Содержание углерода в коксовой мелочи принималось равным содержанию углерода в коксе (83%) (IPCC, 2006). Использовались национальные данные о содержании углерода в природном газе (14,836 т С/ТДж).

Производство чугуна. При производстве чугуна и стали, в РФ в качестве восстановителя на подавляющем большинстве предприятий используется кокс. Единственное исключение – Оскольский электрометаллургический комбинат 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 (83%), 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 Министерства промышленности и торговли – 4,3%.

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 СаО 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%.

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

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

Таблица 4.38

Государственные стандарты для известняков, используемых в черной металлургии

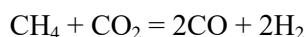
Область применения	Минимальное содержание СаО, %	Соответствующее минимальное содержание химически чистого известняка, %	Источник информации
Сырье доменное, агломерационное, электросталеплавильное, ферросплавное 1 сорт	52	92,8	Шишкин А.В., 1984
Сырье доменное, агломерационное, электросталеплавильное, ферросплавное 2 сорт	50	89,2	Шишкин А.В., 1984
Химически чистый известняк	56,03	100	Бирюлев Г.Н. и др., 1999

Таблица 4.39

Удельное потребление топливно-энергетических ресурсов и известняка в производстве чугуна

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Удельный расход кокса, кг/тонну													
468,6	486,0	467,6	448,2	439,7	446,6	437,2	439,8	439,8	429,5	419,3	417,2	407,7	413,7
Удельный расход каменного угля, кг/тонну													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	12,4	16,7	23,2	19,3
Удельный расход природного газа, м ³ /тонну													
91,0	99,0	92,1	99,5	99,4	95,9	100,4	100,3	100,3	99,15	98	96,5	96,9	98,3
Удельный расход известняка, кг/тонну													
180,0	180,0	161,2	151,8	150,2	166,7	141,3	107,8	137,9	137,9	137,2	137,9	142,4	135,9

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 (CO₂), содержащимся в отходящем из печи колошниковом газе по реакции:



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 железа прямого восстановления и средний удельный расход природного газа в России.

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство железа прямого восстановления, тыс. тонн	1683	1678	1919	3203	3240	4571	4603	4703	5293	5502	5687	5630	5777	6056
Удельный расход природного газа, м3/т жпв	365,9	341,4	325,2	319,5	315,4	315,1	317,5	315,7	314,5	314,1	313,2	309,9	304,6	306,7

Производство стали. Оценка выбросов CO₂ при производстве стали основана на изменении содержания углерода в продукции при производстве стали из чугуна, металлизированных окатышей и стального лома. Кроме того, учитывалось сгорание углеродных электродов при производстве электростали (формула 4.9, (IPCC, 2006)).

По данным Министерства промышленности и торговли Российской Федерации содержание углерода в чугуне и стали составляет 4,3% и 0,25% соответственно. При расчете выбросов CO₂ от производства стали использовались эти значения. Удельный расход электродов в электропечах принят равным 2,3 кг/т электростали, что соответствует национальным условиям производства электростали в Российской Федерации.

При оценке выбросов CO₂ 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 РФ, 1992, 1996, 1998, 2000; Росстат, 2005 – 2015).

Статистические данные приводятся в таблице 4.41

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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство чугуна	59387	39758	44584	49175	51516	48275	43979	48010	47986	50459	49945	51460	52411	51873
В том числе передельного чугуна	55812	38494	43352	47930	50171	47152	43552	47584	47453	50064	49551	51109	52154	51613
Экспорт передельного чугуна	2549	2889	3691	5132	5805	5449	4630	4039	4409	4105	4100	4359	5340	5139
Импорт передельного чугуна	–	174	2,2	2,5	6,7	7,7	0,0	0,1	0,8	0,5	0,5	0,3	0,2	-
Производство стали	89622	51589	59150	66262	72370	68711	59803	66844	68114	70392	68862	70547	69422	69807
В том числе электростали	13361	6619	8711	13604	19543	20020	16158	19122	20488	19964	19510	21167	19920	21548
Производство проката черных металлов	63737	39035	46712	54661	59612	56664	51857	57708	59510	60036	59169	61219	60435	60473
Производство окатышей	28000	26467	30761	35708	38536	34636	33456	37376	38428	39005	39416	39684	40932	42880
Производство агломерата	42264	42264	49593	56717	59395	56937	52923	57108	57855	58759	58750	59275	60519	60014

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 В.В., Юзов О.В., Исаев В.А., 2000; Катунин В.В., 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2011; Катунин В.В., Антипин В.Г., 2013; Катунин В.В., Петракова Т.М., Иванова И.М., 2015, 2017). Эти данные представлены в таблице 4.42.

Таблица 4.42

Удельный расход сырья в производстве стали.

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Удельный расход стального лома, кг/тонну													
460,5	379,0	374,1	397,3	410,7	405,8	339,9	345,6	356,0	333,7	331,1	339,6	329,7	371,0
Удельный расход чугунного лома, кг/тонну													
10	15	11	6,1	5,4	5,2	3,2	2,4	2,1	2,3	1,5	2,9	2,4	2,2
Удельный расход природного газа, м ³ /тонну													
40,5	39,5	28,2	19,7	15,8	16,4	9,7	9,7	9,5	8,2	5,9	3,9	3,4	3,2

При оценке выбросов CO₂ 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 CO₂ от производства электростали на ОЭМК по методу уровня 3 МГЭИК на основании данных предприятия о производстве стали, потреблении металлургических окатышей, стального лома и углеродных электродов, содержании углерода в сырье и конечной продукции.

Производство окатышей. Выбросы CO₂ от производства окатышей оценивались по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) по формуле 4.8. В расчетах использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 0,03 т CO₂/тонну произведенных в стране окатышей, и данные Росстата об объемах производства окатышей (таблица 4.41).

Выбросы CH₄ от производства агломерата и железа прямого восстановления. Выбросы CH₄ от производства агломерата и железа прямого восстановления оценивались по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) по формулам 4.12 и 4.14. В расчетах использовались коэффициенты выбросов по умолчанию, равные 0,07 кг CH₄/тонну агломерата и 1 кг CH₄/ТДж природного газа, использованного при производстве железа прямого восстановления. Данные Росстата об объемах производства агломерата представлены в таблице 4.41.

Кроме оценки выбросов CO₂, проведена оценка выбросов NO_x, НМЛОС, CO, SO₂ от доменного и прокатного производства. Оценка проводилась по методике (IPCC, 1996). В расчетах использовались коэффициенты выбросов по умолчанию для различных стадий доменного и прокатного производства (таблица 4.43) и данные Росстата о выпуске чугуна и проката, которые приводятся в таблице 4.41.

Таблица 4.43

Коэффициенты выбросов NO_x, НМЛОС, CO, SO₂ от доменного и прокатного производства, г/тонну продукции

	NO _x	НМЛОС	CO	SO ₂
Загрузка домны		100	1300	2000
Выпуск чугуна	76	20	112	30
Выпуск проката	40	30	1	45

Выбросы CO₂ от производства ферросплавов (2.С.2)

Оценка выбросов CO₂ от производства ферросплавов проводилась по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Выбросы рассчитывались на основании данных об объемах производства ферросплавов. Оценка выполнена для производств доменного ферромарганца, ферросилиция, феррохрома, силикомарганца и металлического кремния. Объемы производства получены из базы данных Росстата и представлены в таблице 4.44.

Данные об объемах производства металлического кремния в 1990-1999 гг. получены от исследовательской группы «Инфомайн». В 2000-2011 гг. использованы данные Росстата, в 2012-2016 гг. – данные из отчетов ОК «РУСАЛ».

Для расчета выбросов использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006): 1,5 т.СО₂/т ферромарганца, 2,5 т. СО₂/т ферросилиция 45%, 1,6 т СО₂/т. феррохрома, 1,4 т СО₂/т. силикомарганца, 5,0 т СО₂/т. металлического кремния.

Оценка выбросов CH₄ от производства ферросилиция и металлического кремния выполнялась по методике уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Использовались коэффициенты выбросов по умолчанию: 1,2 кг CH₄/тонну металлического кремния и 1,0 кг CH₄/тонну ферросилиция.

Таблица 4.44

Производство ферросплавов в России, тыс. т

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ферросплавы доменные	281	82,5	91,8	110,1	157,8	155,5	87,8	174,9	148,3	161,1	192,6	178,8	155,7	124,2
Ферросилиций, в пересчете на 45% содержание кремния	633	372	672	742	896	846	765	899	1031	1048	1021	1061	1058	936
Феррохром 60% ¹⁾	476	354	294	584	528	490	378	527	517	493	471	441	363	268
Силикомарганец 92%	–	–	–	–	72,2	83,4	114,7	156,1	149,5	164,2	167,5	176,4	188,9	203,2
Ферросиликохром 40% (товарный)	16,4	76,7	91,0	85,4	90,6	66,5	43,1	54,8	59,3	56,3	57,8	67,0	102,0	71,3
Металлический кремний	48	41	63	58	57	57	24	50	58	58	55	55	60	59

¹⁾ С 2010г. – феррохром

Выбросы CO₂, ПФУ от производства алюминия (2.С.3)

Выбросы CO₂. Оценка выбросов CO₂ от производства алюминия производилась по методике уровня 1 (IPCC, 2006). Использовались коэффициенты эмиссии по умолчанию: 1,7 т СО₂/т выплавленного алюминия для производства с использованием технологии Содерберга, и 1,6 т.СО₂ /т. алюминия для технологии с предварительно обожженными анодами (IPCC, 2006).

В настоящем кадастре использовались данные ОК «РУСАЛ» об объемах выплавки первичного алюминия в 1990-2016 гг. по технологиям Содерберга и предварительно обожженных анодов. Данные по выплавке первичного алюминия приводятся в таблице 4.45 по данным федеральной статистики (Росстат, 1998, 2004-2017).

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

Выбросы ПФУ. Оценка выбросов перфторуглеродов CF₄ и C₂F₆ от производства первичного алюминия выполнена с использованием методики уровня 2 (IPCC, 2006). Расчет был выполнен на основе данных об объемах производства алюминия, используемой технологии, частоте и средней продолжительности анодных эффектов, предоставленных компаниями

«РУСАЛ». Для 2006-2015 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.

Таблица 4.45

Производство первичного алюминия в России, % к предыдущему году

Годы	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Объем производства	103,0	104,0	103,0	102,0	106,0	105,8	91,1	98,4	89,9	98,5	89,5	94,1	95,5	92,3

Таблица 4.46

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

Годы	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Электролизеры Содерберга с верхним токоподводом (VSS)	74,4	72,8	69,1	66,0	63,8	61,2	63,2	61,9	62,0	62,3	66,1	66,8	65,8	63,6
Электролизеры Содерберга с боковым токоподводом (HSS)	15,8	13,8	13,8	13,0	12,0	11,4	6,8	7,3	7,8	7,1	4,3	1,9	1,9	1,9
Электролизеры с предварительным обжигом анодов без применения АПГ и периферийной загрузкой (SWPB)	9,8	13,4	15,6	2,6	2,4	2,3	2,0	2,1	2,3	2,0	0,2	–	-	-
Электролизеры с предварительным обжигом анодов с применением АПГ и центральной загрузкой (CWPB)	–	–	1,5	18,4	21,8	25,1	28,0	28,7	27,9	28,6	29,3	31,3	32,3	34,6

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.

В 2007 и 2010 гг. специалистами компании РУСАЛ совместно с экспертом Международного Института Алюминия Джерри Марксом были проведены измерения²⁴ и расчеты выбросов ПФУ от производства алюминия на одном из крупнейших предприятий отрасли – Красноярском алюминиевом заводе (КрАЗ). Определены значения углового коэффициента для

²⁴ Замеры выбросов перфторуглеродов проводились по методике “US EPA Protocol for Measurement of Tetrafluoromethane and Hexafluoroethane Emissions from Primary Aluminum Production, March 2003” с использованием инфракрасного спектрометра Фурье.

CF₄ и весовое соотношение содержания C₂F₆/CF₄ в выбросах для технологий, применяемых на КрАЗе. Данные этих измерений невозможно использовать для оценки выбросов по методике уровня 3 МГЭИК, так как полученные величины существенно различаются между собой. Это делает невозможным обеспечение согласованности временного ряда.

Оценка выбросов CO, NO_x и SO₂ 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 SO₂/тонну, и для технологии Содерберга – 135 кг CO /тонну алюминия, 2,15 кг NO_x/ тонну и 14,2 кг SO₂/ тонну.

Выбросы CO₂, гексафторида серы и ГФУ при производстве магния (2.С.4)

В России производство магния и его сплавов сосредоточено исключительно в Уральском регионе и осуществляется на двух предприятиях – АО «АВИСМА Березниковский титано-магниевый комбинат» и АО «Соликамский магниевый комбинат». Оба предприятия используют карналлитовое сырье, поэтому выбросы CO₂ от производства первичного магния в России отсутствуют.

В настоящем кадастре оценка выброса SF₆ рассматривается с учетом информации, полученной на предприятиях-производителях магниевых сплавов и в отраслевых научно-исследовательских организациях. Согласно этим данным, в период 1990-2016 гг. SF₆ и ГФУ в России в условиях производства не использовались для литья магния и его сплавов. В настоящем кадастре для выбросов SF₆ и ГФУ в период 1990-2016гг. используется обозначение NO (не происходят).

Выбросы CO₂ от производства свинца (2.С.5)

Оценка выбросов CO₂ от производства свинца выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Использовался коэффициент выбросов по умолчанию, равный 0,52 т CO₂/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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство свинца	87	107	98	96	132	87	89	107	98	103	87	96	114	99
Производство цинка	88	121	104	89	108	101	86	117	101	101	88	103	87	107

Выбросы CO₂ от производства цинка (2.С.6)

Оценка выбросов CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ от производства цинка гидрометаллургическим способом для 17% объема производства используется коэффициент выбросов по умолчанию для вельц-печей, равный 3,66 т CO₂/тонну цинка. Для оценки выбросов CO₂ от производства цинка на «Беловском цинковом заводе» используется коэффициент выбросов по умолчанию, равный 1,72 т CO₂/тонну цинка.

Данные Росстата о производстве цинка представлены в таблице 4.47.

4.4.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2С оценка неопределенностей выбросов CO_2 , CH_4 и PFCs проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2000, 2006) для следующих источников:

- производство чугуна и стали;
- производство кокса;
- производство ферросплавов;
- производство первичного алюминия;

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

Производство чугуна и стали. Неопределенность данных об объемах использования кокса при производстве чугуна составляет около 3%, неопределенность значений углеродного содержания кокса – 10% (IPCC, 2006), неопределенность содержания углерода в чугуне и стали (национальные значения) – 5%. Неопределенность данных Росстата о производстве чугуна и стали – 3%. Неопределенность оценки выбросов двуокиси углерода от черной металлургии составляет около 12%.

Неопределенность оценки выбросов CO_2 от производства стали составляет – около 6,5%.

Производство ферросплавов. Неопределенность данных Росстата об объемах производства ферросплавов составляет 3%. Неопределенности, связанные с использованием коэффициентов выбросов CO_2 по умолчанию значительно выше и составляют 25% (IPCC, 2006). Суммарная неопределенность оценки выбросов от производства ферросплавов по результатам расчетов составляет около 20%.

Производство первичного алюминия. Для этого источника оценивались неопределенности как для выбросов CO_2 , так и для выбросов перфторуглеродных соединений. По результатам расчетов неопределенность выбросов CO_2 от производства алюминия составляет 10,5%. Неопределенность коэффициентов выбросов – 10% (IPCC, 2006), неопределенность данных о производстве первичного алюминия – 3%.

Для метода уровня 2 неопределенность оценки выбросов CF_4 и C_2F_6 рассчитывается на основе значений неопределенности данных о производстве алюминия и неопределенности значений углового коэффициента для различных технологий производства алюминия. Неопределенность заводских данных о производстве алюминия составляет 1% (IPCC, 2006), неопределенность частоты и длительности анодных эффектов невелика (IPCC, 2006) и принята равной 20%. В расчетах используются значения неопределенности угловых коэффициентов «по умолчанию» (IPCC, 2006).

В результате расчетов получены значения неопределенности оценки выбросов CF_4 и C_2F_6 для метода уровня 2 в 2006 – 2015 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 2018 г. выполнен перерасчет выбросов CO_2 от производства чугуна и стали, в связи с тем, что были получены отраслевые данные об удельном потреблении сырья и топливно-энергетических продуктов в черной металлургии.

4.5 Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива

4.5.1 Обзор

Для субсектора «Использование растворителей и неэнергетических продуктов» проводилась оценка выбросов CO₂ от использования смазочных материалов и твердых парафинов. Результаты оценки представлены в таблице 4.50.

В 2016 г. суммарный выброс CO₂ от субсектора составил 1475 Гг или 53,5% от уровня выбросов 1990 г. Основным источником выбросов CO₂ является использование смазочных материалов (2.D.1) – 94% от суммарного выброса от субсектора. Выбросы CO₂ от использования твердых парафинов существенно меньше (6%).

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 CO₂ от использования смазочных материалов (2.D.1)

Оценка выбросов CO₂ от использования смазочных материалов выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Раздельно оценивались выбросы от смазочных масел и консистентных смазок. Расчеты выполнялись по формуле 5.2 с использованием значений углеродного содержания и коэффициента окисления при использовании (ОПИ) по умолчанию.

При оценке выбросов CO₂ от использования смазочных материалов предполагалось, что суммарный объем их потребления в стране равен объему производства – экспорт + импорт. Использовались данные Росстата о производстве смазочных материалов и консистентных смазок. Данные об объемах экспорта и импорта в 1996-2016 гг. получены из базы данных Федеральной Таможенной Службы. 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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Нефтяные смазочные масла														
Производство	4971	2550	2647	2778	2820	2784	2450	2719	2628	2572	2628	3089	3234	3720
Экспорт	504	504	737	1028	1114	1158	1295	1379	1225	987	1229	1125	1038	1714
Импорт	62	62	83	167	256	290	232	317	371	422	417	413	328	335
Смазки пластичные и суспензии для нанесения смазочных покрытий														
Производство	41	41	46	33	25	20	12	10	14	11	7	7	3	5

Выбросы CO₂ от использования твердых парафинов (2.D.2).

Оценка выбросов CO₂ от использования парафинов выполнялась в соответствии с методикой уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006). Расчеты выполнялись по формуле 5.4 с использованием значений углеродного содержания и коэффициента окисления при использовании (ОПИ) по умолчанию.

При оценке выбросов CO₂ от использования парафинов предполагалось, что суммарный объем их потребления в стране равен объему производства – экспорт + импорт. Использовались данные Росстата о производстве парафинов. Данные об объемах экспорта и импорта в 1996-2016 гг. получены из базы данных Федеральной Таможенной Службы. 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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство	150	150	196	198	224	192	197	274	253	216	242	191	191	178
Экспорт	12	12	8,9	30	36	30	32	25	30	24	24	22	20	19
Импорт	1,1	1,1	1,2	0,6	0,7	0,6	0,6	1,0	1,2	1,3	0,9	0,9	0,8	1,0

Таблица 4.50

Выбросы CO₂ от использования смазочных материалов и твердых парафинов, Гг.

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Использование смазочных материалов	2676	1249	1182	1135	1161	1133	807	976	1048	1185	1072	1402	1488	1381
Использование твердых парафинов	82	82	111	99	112	96	97	147	133	114	129	100	102	95
Всего	2758	1331	1293	1234	1272	1229	904	1124	1180	1298	1201	1503	1590	1475

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 РФ в 1990 – 2008 гг. учитывались два типа нефтебитума, используемого не для дорожных покрытий: кровельный нефтебитум и строительный нефтебитум, а в 2009 – 2016 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.

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.

Таблица 4.51

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

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2987	1010	1036	916	928	722	613	719	764	783	762	689	653	683

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

Органы государственной статистики РФ начали учет производства асфальтобетонных смесей для дорожных и аэродромных покрытий только в 2000г. Кроме того, отсутствует детализация статистических данных для холодных асфальтобетонных смесей по скорости испарения разбавителя. В этом случае руководством ЕМЕП/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA, 2005) рекомендовано использование коэффициента выбросов для смеси быстрого затвердевания с использованием разбавителя с высокой летучестью, равного 320 кг НМЛОС/тонну холодной асфальтобетонной смеси.

Для оценки объемов производства холодной асфальтобетонной смеси в 1990-1999 гг. использовались данные о производстве нефтебитума дорожного. В 2000-2006 гг. соотношение объемов производства холодных асфальтобетонных смесей и объемов производства нефтебитума составляло от 0,14 до 0,24, в среднем около 0,17. Это значение и было использовано для приближенной оценки объемов производства холодных асфальтобетонных смесей в 1990-1999 гг. Исходные данные Росстата и результаты оценки объемов производства холодных асфальтобетонных смесей представлены в таблице 4.52

Таблица 4.52

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

Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон (холодные), тыс.т													
1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
		704	535	792	1007	316	249	305	316	471	290	295	310
Нефтебитум дорожный жидкий, тыс. т													
1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
7665	3955	3785	3208,5	4239,9	4596,9	3470,2	4059,0	4657,8	5269,4	5421,5	5033,4	4571,4	5225,7
Оценка объемов производства холодных асфальтобетонных смесей, тыс. т													
1990	1995												
1313	677												

Выбросы НМЛОС от использования растворителей (2.D.3)

Использование красителей. Выбросы неметановых летучих органических соединений от использования красителей в промышленности, строительстве и домашнем хозяйстве оценивались по упрощенному методу, описанному в руководстве ЕМЕП/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA, 2005). В этом методе используется средний коэффициент выбросов неметановых летучих органических соединений на душу населения, рассчитанный для европейских стран. Для оценки выбросов НМЛОС от использования красителей использовался коэффициент выбросов, равный 4,5кг НМЛОС /на душу населения/ в год (табл. 8.1.1 руководства ЕМЕП/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 2005) и данные Росстата о численности населения Российской Федерации в 1990-2016 гг. (табл. 4.53).

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

Обезжиривание и химическая чистка. Выбросы неметановых летучих органических соединений от использования растворителей для обезжиривания и химической чистки оценивались по упрощенному методу, описанному в руководстве ЕМЕР/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 ЕМЕР/CORINAIR) и данные Росстата о численности населения Российской Федерации в 1990-2016 гг.

Таблица 4.53

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

Годы	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Численность	147,7	148,5	146,9	143,8	142,8	142,8	142,7	142,8	142,9	143,0	143,3	143,7	146,3	146,5

¹⁾ С учетом итогов всероссийских переписей населения 2002 и 2010гг.; с 2015г. – с учетом Республики Крым и г. Севастополя

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 ЕМЕР/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

Годы	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Использование красителей	665	668	661	647	643	643	642	643	643	644	645	647	658	659
Обезжиривание и химическая чистка	126	126	125	122	121	121	121	121	121	122	122	122	124	125
Прочие	982	988	977	956	950	949	949	950	950	951	953	955	973	974
Всего	1772	1782	1763	1726	1714	1713	1713	1714	1714	1717	1720	1724	1755	1758

Таблица 4.56

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

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство асфальтовых кровельных покрытий	7,2	2,4	2,5	2,2	2,2	1,7	1,5	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6
Использование асфальта для дорожных покрытий	420	217	225	171	253	322	170	80	98	101	151	93	94	99
Использование красителей	665	668	661	647	643	643	642	643	643	644	645	647	658	659
Обезжиривание и химическая чистка	126	126	125	122	121	121	121	121	121	122	122	122	124	125
Прочие	982	988	977	956	950	949	949	950	950	951	953	955	973	974
Всего	2200	2001	1991	1899	1969	2037	1884	1795	1814	1820	1873	1818	1851	1859

4.5.3 Оценка неопределенностей

В субсекторе 2.D оценка неопределенностей выбросов CO₂ проводилась по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) для следующих источников:

- использование смазочных материалов;
- использование парафинов;

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

Неопределенность исходных данных Росстата и ФТС о производстве, экспорте и импорте смазочных материалов и парафинов составляет 5% (IPCC, 2006). Неопределенность значения углеродного содержания по умолчанию – 5% (IPCC, 2006), неопределенность коэффициента ОПИ по умолчанию – 100% (IPCC, 2006). Неопределенность оценки выбросов CO₂ от использования смазочных материалов и парафинов полностью определяется неопределенностью коэффициента ОПИ и составляет 100%.

4.5.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

В настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов CO₂ от использования смазочных материалов в 2013 г. (в результате уточнения данных Росстата о деятельности) и в 2015 г. (уточнение данных о деятельности, представленных Федеральной таможенной службой).

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.

Выбросы перфторуглеродов от субсектора невелики и в 2016 г. составили 24,5 Гг CO₂ эквивалента.

Таблица 4.57

Выбросы ПФУ от электронной промышленности, Гг CO₂ экв.

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Выбросы фторсодержащих соединений от производства полупроводниковых микросхем и LCD													
NF ₃													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,11	0,14	0,10	0,56
ПФУ-14													
0,58	0,11	1,04	1,74	2,01	1,87	1,96	1,37	1,87	0,63	0,51	0,62	0,57	1,67
ПФУ-116													
0,39	0,01	0,34	0,49	0,67	0,58	0,65	0,26	0,59	0,16	0,10	0,13	0,13	0,58
ПФУ-218													
-	-	1,02	1,72	1,72	1,70	1,70	1,70	1,70	0,45	0,34	0,32	0,32	0,32
ПФУ-318с													
0,33	0,01	0,28	0,41	0,56	0,49	0,55	0,22	0,50	0,14	0,08	0,11	0,11	0,49
ГФУ-23													
-	-	-	0,33	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15
ГФУ-32													
-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SF ₆													
0,97	0,82	0,67	0,52	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,26	0,20	0,21
Итого													
2,27	1,12	3,36	5,22	5,72	5,35	5,53	4,17	5,24	1,98	1,62	1,76	1,58	3,99
Выбросы фторсодержащих соединений от производства солнечных батарей													
NF ₃													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	0,62	0,95	1,20	7,61
ПФУ-14													
0,58	0,02	0,51	0,74	1,01	0,88	0,98	0,39	0,89	0,41	0,47	3,67	3,97	8,05
ПФУ-116													
0,39	0,01	0,34	0,49	0,67	0,58	0,65	0,26	0,59	0,16	0,10	0,13	0,13	0,58
ПФУ-218													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,83	2,99	2,95
ПФУ-318с													
0,65	0,03	0,57	0,82	1,12	0,98	1,09	0,43	0,99	0,27	0,16	0,23	0,22	0,98
ГФУ-23													
-	-	-	0,33	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15
SF ₆													
0,97	0,82	0,67	0,52	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,26	0,20	0,21
Итого													
2,59	0,89	2,08	2,90	3,56	3,15	3,39	1,70	3,05	1,67	1,84	8,25	8,87	20,53
Итого выбросы фторсодержащих соединений от электронной промышленности													
4,86	2,01	5,44	8,12	9,28	8,50	8,92	5,88	8,28	3,64	3,46	10,01	10,44	24,52

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 под-

готовке 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 Федеральной таможенной службы за 2014 – 2016 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.

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 весь импортируемый в страну ГФУ-32 также используется в электронной промышленности. 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. Предполагается, что CF_4 и C_2F_6 используются в стране в незначительных количествах. Результаты выполненных оценок использования фторсодержащих соединений в производстве полупроводниковых микросхем, LCD, и солнечных батарей представлены в таблице 4.58.

Таблица 4.58

Использование фторсодержащих соединений в электронной промышленности, кг

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство интегральных микросхем и LCD													
NF_3													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	411	687	885	614	3632
ГФУ-23													
-	-	-	628	563	531	499	467	435	403	371	343	298	279
ГФУ-32													
-	-	-	274	274	274	274	274	274	274	274	591	591	404
C_3F_8													
	513	3216	5402	5402	5361	5361	5361	5361	1430	1081	1000	1000	1000
$\text{C}_4\text{F}_8\text{-c}$													
3509	136	3056	4430	6058	5265	5885	2342	5357	1477	865	1221	1182	5282
SF_6													
1186	1004	821	639	566	529	493	456	420	383	357	312	238	260
Производство солнечных батарей													
NF_3													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	1921	3977	6110	7762	49169
ГФУ-23													
-	-	-	628	563	531	499	467	435	403	371	343	298	279
C_3F_8													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8909	9407	9280
$\text{C}_4\text{F}_8\text{-c}$													
3509	136	3056	4430	6058	5265	5885	2342	5357	1477	865	1221	1182	5282
SF_6													
1186	1004	821	639	566	529	493	456	420	383	357	312	238	260

4.6.3 Оценка неопределенностей

Неопределенность оценки выбросов ПФУ в электронной промышленности может достигать 100%.

4.6.4 Оценка и контроль качества, перерасчеты и планируемые усовершенствования

Для оценки и контроля качества применялись стандартные процедуры, включая контроль данных о деятельности и сравнение значений оценок выбросов за разные годы.

В настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов фторсодержащих соединений в соответствии с методикой уровня 2а МГЭИК (IPCC, 2006).

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.

Таблица 4.59

Выбросы от использования ГФУ и ПФУ, Гг CO₂-экв.

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Системы кондиционирования воздуха и охлаждения														
ГФУ-23	-	-	-	156,98	218,82	212,99	224,76	281,28	293,47	349,55	331,11	358,41	400,20	362,29
ГФУ-32	-	-	0,33	12,08	32,97	40,46	46,26	58,22	124,93	182,77	244,33	305,54	347,14	405,03
ГФУ-125	-	-	5,24	239,34	598,68	758,89	827,30	1043,24	1640,65	2188,77	2776,76	3315,68	3766,14	4387,10
ГФУ-134а	-	21,13	97,84	513,22	1106,04	1572,36	1748,90	2026,20	2537,34	3179,18	3669,26	4072,79	4354,55	4711,90
ГФУ-152а	-	-	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,01	0,19	0,20	0,17	0,14
ГФУ-143а	-	-	5,95	286,86	672,32	846,82	897,31	1119,40	1486,26	1849,11	2241,19	2559,22	2901,66	3366,61
Итого ГФУ	-	21,13	109,37	1208,47	2628,83	3431,52	3744,56	4528,35	6082,67	7749,41	9262,83	10611,81	11769,91	13233,1
ПФУ-218	-	-	-	-	-	-	-	-	3,30	3,21	2,73	5,03	6,10	9,09
Пенообразователи														
ГФУ-134а	-	-	5,56	470,14	138,38	135,13	104,87	175,10	207,32	245,88	251,43	274,04	255,32	265,87
ГФУ-152а	-	-	-	34,97	20,56	9,33	7,47	41,17	55,23	120,75	90,25	51,53	38,45	63,26
ГФУ-227еа	-	-	-	-	-	-	-	9,03	4,22	4,01	4,58	6,83	7,46	13,86
ГФУ-365mcf	-	-	-	-	-	-	-	29,58	13,82	13,12	15,02	22,37	24,43	45,40
Итого ГФУ	-	-	5,56	505,11	158,94	144,46	112,34	254,89	280,59	383,77	361,28	354,76	325,64	388,39

Продолжение таблицы 4.59

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Противопожарная защита														
ГФУ-125	-	-	9,48	84,58	146,03	198,93	231,73	260,77	321,62	368,69	397,09	422,75	457,66	478,93
ГФУ-227ea	-	-	0,11	3,69	8,60	12,30	14,84	19,67	24,43	31,51	38,56	46,07	54,04	61,89
Итого ГФУ	-	-	9,59	88,27	154,63	211,23	246,57	280,44	346,06	400,20	435,66	468,82	511,70	540,82
ПФУ-318с	7,59	14,85	41,01	75,91	92,82	102,35	113,03	115,84	125,11	125,80	125,16	127,94	127,08	139,44
Аэрозоли														
ГФУ-134a	-	-	42,90	96,53	117,98	128,70	128,70	128,70	128,70	128,70	128,70	128,70	128,70	128,70
ГФУ-227ea	-	-	-	27,13	48,92	65,25	63,85	77,77	101,96	126,25	151,45	151,35	163,99	178,40
Итого ГФУ	-	-	42,90	123,66	166,89	193,95	192,55	206,47	230,66	254,95	280,15	280,05	292,69	307,10
Другие виды использования														
ГФУ-227ea	-	-	-	0,19	0,41	0,58	0,66	0,92	1,12	1,47	1,77	2,05	2,42	2,76
Итого от использования ГФУ, ПФУ.														
	7,6	36,0	208,4	2001,6	3202,5	4084,1	4409,7	5386,9	7069,5	8918,8	10469,6	11850,5	13035,5	14620,7

Выбросы от субсектора «Использование галоидоуглеводородов и гексафторида серы» в 2016г. составили 14 621 Гг CO₂-эквивалента, что в 1927 раз больше выбросов в этом субсекторе в 1990г. Основным источником выбросов является «Кондиционирование воздуха и охлаждение» (2.F.1). Его доля в 2016г. составила 90,6% суммарных выбросов в этом субсекторе. Следующими по значимости источниками выбросов ГФУ и ПФУ являются противопожарная защита, использование ГФУ во вспененных пластиках, а также использование ГФУ в аэрозолях и дозированных ингаляторах, с долей выбросов в 2016г. 4,7%, 2,7%, 2,1% соответственно.

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

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 1996-2016 гг. получены на основании анализа статистических данных внешней торговли РФ. 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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ГФУ-23														
производство		0,04	0	28,61	15,48	20,27	4,18	4,89	3,14	0	0	1,88	0	0
экспорт			4,8	0,04	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0
импорт			0	18,26	22,60	0	28,64	62,85	37,69	75,15	25,55	55,90	71,74	16,61
ГФУ-125														
производство			189,00	1222,70	363,76	815,27	815,27	234,82	401,46	72,84	0	8,67	0	0
экспорт			150,72	845,28	38,50	152,08	644,66	168,77	16,28	0,04	1,98	0	1,74	0
импорт			0	135,08	73,21	131,43	353,06	413,71	556,98	689,59	510,91	469,10	617,85	433,29
ГФУ-152a														
производство	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
импорт			0	0	100,00	0	10,56	260,08	362,78	870,68	620,26	318,28	239,71	455,65
ГФУ-227ea														
производство	0	0	0	15,40	0	27,95	27,95	0	0	0	0	0	0	0
экспорт			2,12	0	0	0	0	0	0	5,70	0,00	1,09	0	1,27
импорт			0	21,30	62,52	54,28	31,45	113,11	113,06	172,70	168,95	167,87	197,00	200,00
ПФУ-14														
производство	31,56	72,24	372,87	246,60	394,56	332,02	132,02	65,05	85,84	0	68,42	22,52	13,04	14,20
экспорт			678,46	220,29	338,85	280,36	104,39	43,87	77,10	17,09	42,32	23,16	12,13	11,84
импорт			0,00	0,03	1,01	5,43	0,58	4,59	12,49	12,17	7,15	13,06	5,24	12,65
ПФУ-218														
производство	5,75	0,51	17,00	16,20	18,09	54,70	64,00	87,80	72,40	6,00	45,60	40,89	33,76	18,69
экспорт			14,18	12,27	17,80	29,54	62,20	92,23	80,69	9,59	44,56	31,06	24,37	17,35
импорт			0,40	0,48	0	0	1,13	5,57	0,50	5,02	0,04	0,08	8,02	1,93
ПФУ-318c														
производство	46,92	1,70	62,20	114,96	143,97	112,47	89,41	17,10	60,70	39,58	43,30	49,41	60,46	126,97
экспорт			24,00	59,59	134,06	70,74	16,26	63,68	124,39	114,85	181,60	189,64	221,68	205,66
импорт			0	0,003	65,81	44,09	56,42	32,33	140,60	93,74	114,12	170,74	160,74	165,74

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 РФ отсутствуют выбросы, связанные с концом срока службы промышленных коммерческих холодильных систем и оборудования для кондиционирования воздуха. Исключением являются автомобильные системы кондиционирования воздуха, средний срок службы которых составляет 12 лет (IPCC, 2006). Поэтому в 2004-2016 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).

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. 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. 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.

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 составляет около 65% (Академия конъюнктуры промышленных рынков, 2007). В промышленных холодильных системах используется аммиак. Ряд предприятий по производству бытовых холодильников в настоящее время переходит 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 РФ. Для расчета выбросов предполагалось, что структура потребления гидрофторуглеводородов 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 используется 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, «Айсберг» г. Смоленск (выпуск холодильников прекращен в 2014 г.), «Океан» г. Уссурийск и с 2008 г. «LG Electronics RUS» Московская область (ГФУ-134a не используется с 2010 г.).

В настоящее время нет информации о хладагентах, использовавшихся для производства для 2-15% (в разные годы) бытовых холодильников в период 1996-2016 гг., от суммарного объема производства бытовых холодильников в России. Для оценки выбросов ГФУ-134a предполагалось, что доля бытовых холодильников с ГФУ-134a для холодильников с отсутствием информации о хладагенте равна доле холодильников с ГФУ-134a для бытовых холодильников, информация о хладагенте для которых имеется. Также учитывалась и доля экспорта бытовых холодильников с ГФУ-134a. Данные об суммарных объемах производства бытовых холодильников в России, объемах производства бытовых холодильников с использованием ГФУ-134a и объемах экспорта бытовых холодильников с ГФУ-134a приводятся в таблице 4.62.

Таблица 4.61

Импорт и экспорт ГФУ и хладоновых смесей, т

	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ГФУ-134а												
экспорт	0,07	0,20	0,06	2,08	0,46	1,05	0,94	0,40	0,12	0	0,07	9,05
импорт	221,33	892,92	1909,02	1803,90	1287,75	2333,49	2761,00	3273,33	3266,01	3528,67	3155,66	3256,45
ГФУ-143а												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	0	28,61	0	0,7	0	0	0	0	0	0,68	0,03	0
R-401а												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	1,05	0	0	0	7,91	0	0	0	0	0	0	0
R-404а												
экспорт	0,41	1,72	0,20	1,13	0	0	0	0,13	0	0	2,20	8,52
импорт	52,75	363,74	757,63	874,64	784,33	1707,61	1490,50	2224,77	1584,55	3255,15	3198,25	3564,96
R-407с												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,52	1,57
импорт	4,85	10,52	119,55	35,74	100,62	80,50	134,39	135,30	161,84	348,44	413,00	296,79
R-410а												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	1,10	1,99
импорт	0	3,15	155,04	61,24	34,03	186,83	256,08	289,75	535,44	791,43	850,03	873,02
R-413а												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	0	0	0	0	0	0	27,69	3,39	0	22,78	15,28	32,77
R-507												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	1,18	0	9,79	15,62
импорт	2,44	12,18	49,28	25,74	30,82	165,01	362,09	347,19	300,96	931,28	1035,33	1122,84
Смесь ГФУ-365mcf и ГФУ-227ea												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06
импорт	0	0	0	0	0	285,12	54,72	36,48	48,72	110,48	104,64	283,92
Смесь ГФУ-134а и ГФУ-152а												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	0	0	0	0	0	0	0,03	0,01	19,34	71,23	14,54	1,46
Готовые смеси для холодильной техники												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	0	336,70	269,90	232,57	599,34	0	0	932,81	1783,98	0	0	0
Сжиженный газ для холодильной техники (без наименования)												
экспорт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
импорт	0	0	919,51	701,73	0	1064,51	1499,28	1307,12	1559,89	0	0	0

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 Федеральной таможенной службы, 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.

Таблица 4.62

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

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство бытовых холодильников и морозильников ¹⁾	3773,8	1788,6	1326,8	2778,5	3539,2	3728,0	2811,1	3557,1	4100,3	4302,1	4128,0	3692,8	3116,8	3293,5
В том числе с использованием ГФУ-134а ²⁾	0	7,4	806,0	1579,7	1871,5	1888,3	1313,9	1836,8	703,4	537,6	399,6	227,5	217,8	230,1
Экспорт бытовых холодильников с ГФУ-134а ²⁾	0	0	81,0	354,8	506,9	424,5	291,1	103,8	31,7	50,4	55,0	7,9	2,8	0,3

¹⁾ Данные Росстата

²⁾ Оценка ИГКЭ, основанная на данных производителей

В кадастре выбросов парниковых газов 2017г. 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 Российской Федерации. Учитывая зависимость объема заправки оборудования от его типа и мощности, рассчитывались банки ГФУ-134а, ГФУ-407с и ГФУ-410а сформировавшиеся в результате заводской заправки оборудования, дозаправки в процессе монтажа, планового и аварийного обслуживания стационарного оборудования для кондиционирования воздуха.

Использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (IPCC, 2006): 6% – выбросы от обращения с контейнерами, 0,6% – выбросы от дозаправки оборудования и 6% – ежегодные выбросы от накопленного в климатическом оборудовании банка хладагентов. Для чиллеров использовался ежегодный коэффициент выбросов по умолчанию (IPCC, 2006), равный 9% от накопленного банка хладагентов. Для ГФУ-407с использовались более высокие значения коэффициентов выбросов (15% – для чиллеров и 9% – для остального оборудования), т.к. эта смесь является неазеатропной и при дозаправке оборудования необходимо сначала удалить весь газ, а затем заправить оборудование новым хладагентом (IPCC, 2006). 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 2016 гг. Парк автомобилей с кондиционером на ГФУ-134а оценивался на основе данных ФТС 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.

Таблица 4.63

Использование хладагентов в разных типах нового климатического оборудования, %

	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Мобильные моноблоки												
ГФУ-410а	–	–	6,0	21,2	45,3	58,0	62,9	76,0	79,0	84,0	88,0	100,0
ГФУ-407с	–	74,6	82,8	66,6	44,7	37,0	26,0	24,0	21,0	16,0	5,0	–
ГХФУ-22	100,0	25,4	11,2	12,2	10,0	5,0	11,1	–	–	–	–	–
Бытовые сплит-системы												
ГФУ-410а	5,8	11,6	8,4	6,5	5,9	7,0	87,3	97,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	–	–	0,1	0,01	0,01	–	–	–	–	–	–	–
ГХФУ-22	94,2	88,4	91,5	93,5	94,1	93,0	12,7	3,0	–	–	–	–
Полупромышленные сплит-системы												
ГФУ-410а	–	7,5	7,9	21,7	26,2	13,3	71,2	93,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	–	0,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ГХФУ-22	100,0	91,8	92,1	78,3	73,8	86,7	28,8	7,0	–	–	–	–
Мультисплит-системы												
ГФУ-410а	–	23,1	52,0	60,5	86,5	86,5	88,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ГХФУ-22	100,0	76,9	48,0	39,5	13,5	13,5	12,0	–	–	–	–	–
Мини-VRF												
ГФУ-410а	–	84,2	88,6	85,7	84,0	84,0	88,0	96,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ГФУ-407с	–	4,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ГХФУ-22	–	11,0	11,4	14,3	16,0	16,0	12,0	4,0	–	–	–	–
Компрессорно-конденсаторные агрегаты												
ГФУ-410а	–	–	11,0	3,0	12,0	27,0	39,0	14,0	16,0	25,0	40,0	60,0
ГФУ-407с	10,0	86,0	82,0	91,0	82,0	71,0	58,0	86,0	84,0	75,0	60,0	40,0
ГХФУ-22	90,0	14,0	7,0	6,0	6,0	2,0	3,0	–	–	–	–	–
Чиллеры												
ГФУ-410а	–	0,4	6,9	7,5	10,0	25,9	25,9	24,4	23,4	31,2	32,1	34,9
ГФУ-407с	10,0	59,6	38,1	27,2	25,5	21,7	18,9	25,2	20,6	17,1	19,2	19,8
ГФУ-134а	25,0	30,8	47,5	63,2	61,6	51,1	54,7	50,4	56,0	51,7	48,7	45,3
ГХФУ-22	65,0	9,1	7,5	2,2	2,9	1,3	0,5	–	–	–	–	–

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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Парк автомобилей с кондиционером на ГФУ-134а, тыс. шт.	–	102,0	351,1	1738,6	4191,2	6185,0	6759,0	7870,2	9818,1	12084,1	14156,4	15916,8	16943,1	17557,4
Объем затрат ГФУ-134а для обслуживания автомобильных кондиционеров	–	11,7	45,7	234,2	634,3	977,4	1081,5	1483,6	2040,9	2628,4	2922,2	3077,35	2987,21	2973,37

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 коммерческого и промышленного холодильного оборудования на разных хладагентах приводятся в таблице 4.65.

Таблица 4.65

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

	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Автономное коммерческое холодильное оборудование российского производства													
ГФУ-404а	–	2,0	17,0	24,0	29,0	37,0	42,0	58,0	65,0	67,0	75,0	85,0	93,0
ГФУ-134а	–	9,0	23,0	27,0	28,0	30,0	33,0	37,0	35,0	33,0	25,0	15,0	7,0
ГХФУ-22	100	89,0	60,0	50,0	43,0	33,0	25,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Импортное автономное коммерческое холодильное оборудование													
ГФУ-404а			18,6	25,8	31,0	38,0	40,0	42,0	51,0	58,0	62,0	68,0	73,0
ГФУ-134а		26,8	75,6	72,6	68,0	61,0	58,0	55,0	45,0	37,0	31,0	23,0	16,0
ГХФУ-22	100	73,2	4,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ГФУ-507			0,9	1,1	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	9,0	11,0
Промышленные системы с выносным холодом													
ГФУ-404а		3,6	48,5	60,0	63,0	66,0	72,0	81,0	82,0	81,0	77,0	75,0	71,5
ГФУ-134а	4,0	16,0	14,0	10,0	9,0	6,5	4,0	3,0	4,0	2,0	1,0	0,0	0,0
ГФУ-507			1,0	6,0	7,0	8,5	14,0	16,0	14,0	17,0	22,0	25,0	28,5
ГХФУ-22	96,0	80,4	36,6	24,0	21,0	19,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

ГФУ-407с до 2014 г. не использовался в этом виде холодильного оборудования. В 2014 г. его начинают использовать компании, занимающиеся обслуживанием и ремонтом промышленного холодильного оборудования. Это связано с постепенным прекращением производства и использования в холодильном оборудовании ГХФУ-22 в соответствии с решениями, принятыми во исполнение Монреальского протокола. ГФУ-407с используется для замены хладагента в оборудовании, в котором ранее использовался ГХФУ-22.

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.

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).

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.

В настоящем кадастре выбросов парниковых газов по рекомендации Группы экспертов РКИК ООН по обзору национальных кадастров выполнен учет выбросов ГФУ от использования импортных в РФ вспененных пластиков с закрытыми порами. ГФУ-134a может быть использован при производстве следующих вспененных пластиков: экструдированный пенополистирол и жесткий пенополиуретан. Данные о внешней торговле РФ вспененным полистиролом и пенополиуретаном получены из базы данных Федеральной Таможенной службы 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 РФ из стран ЕС (более 70% пенополистирола и около 50% пенополиуретана), считаем, что до 2006 г. 20% экструдированного пенополистирола и 10% жесткого пенополиуретана, импортного в РФ, содержали ГФУ-134a. После 2006 г. доля импортных вспененных пластиков с ГФУ-134a снижается вдвое. Содержание ГФУ-134a в жестком пенополиуретане составляет 3%, в экструдированном пенополистироле – 6,5% (НДК Австрии, 2013).

Таблица 4.66

Внешняя торговля вспененным полистиролом и жестким пенополиуретаном, тонны

	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Импорт монтажной пены	-	33313	46638	53300	35200	51000	58551	73097	76208	68970	49847	38648 ¹⁾
Импорт пенополиуретана	2008	96	317	513	410	487	566	817	1100	1103	959	873
Экспорт пенополиуретана	1271	1517	242	315	4	3	10	17	60	142	131	202
Импорт пенополистирола	6025	4164	5692	3222	1754	1923	2635	3002	2985	3458	2025	1461
Экспорт пенополистирола	617	1506	2484	3783	3230	2238	1481	1102	1320	9190	11425	12082

¹⁾ оценка по методу экстраполяции

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 и представлены в таблице 4.66. При производстве монтажной пены в Европе, откуда преимущественно осуществляется ее импорт в Россию, используются ГФУ-134а и ГФУ-152а, причем с 2007 г. используется только ГФУ-152а. Тогда же существенно сократилась доля рынка монтажной пены, произведенной с использованием хладонов: с 60% до 5% по данным НДК Австрии, 2013 г. Доля фреона в составе монтажной пены – около 3,4%.

В настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов ГФУ-152а для учета использования этого хладагента в производстве монтажной пены. Ранее предполагалось, что ГФУ-152а используется в производстве аэрозолей.

Кроме того, в результате уточнения данных о внешней торговле выполнен перерасчет выбросов ГФУ-134а, ГФУ-227еа и ГФУ-365mfc в 2014-2015 гг.

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 настоящем 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 РФ 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 Федеральной таможенной службы). Это позволило оценить объемы внешней торговли автоматическими системами газового пожаротушения в 1997-2007, 2012-2014 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 Российской Федерации

	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Импорт модулей автоматического газового пожаротушения, шт.	538 ^{*)}	338 ^{*)}	866 ^{*)}	977	577	345	457	497 ^{*)}	588 ^{*)}	2930 ^{*)}	445 ^{*)}	355 ^{*)}
Экспорт модулей автоматического газового пожаротушения, шт.	307 ^{*)}	259 ^{*)}	248 ^{*)}	230	76	0	0	0	0	0	0	0
Импорт огнетушителей, шт.	179365	675510	1731306	1899021	337738	114281	45731	130967	154650	770945	117178	93429
Экспорт огнетушителей, шт.	153341	129508	124076	107915	71757	65083	90968	86968	42825	325166	395488	420512

^{*)} 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.

В результате уточнения данных о внешней торговле в настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов ГФУ-125 и ГФУ-227еа в 2014-2015 гг.

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 выполнена оценка выбросов от использования импортных дозированных ингаляторов больными бронхиальной астмой. Выпускаемый в России дозированный ингалятор для лечения астмы – «Сальбутамол» производится с использованием ГХУ – 11,12 (информация получена в 2010г. от производителей «Сальбутамола» – фармацевтических компаний «Алтайвитамины» и «Мосхимпрепараты»).

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 серьезно и получают постоянное лечение (Цой, Архипов, 2007). Предполагалось, что доля больных, использующих импортные препараты, увеличивалась с 0% в 1996 до 50% в 2008-2014 гг. Больные используют один дозированный ингалятор объемом 10 мл в месяц. Такой дозированный ингалятор содержит 15г ГФУ-134а (НДК Германия, 2010 г).

В результате уточнения данных о внешней торговле в настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов ГФУ-227еа в 2014-2015 гг.

Выбросы от других областей использования ГФУ и ПФУ (2.F.6)

По данным маркетингового исследования в других областях используется 3% ГФУ-227еа и 40% ГФУ-23 (Академия конъюнктуры промышленных рынков, 2007). Предполагается, что ГФУ-227еа 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-227еа использовались коэффициенты выбросов по умолчанию – 1% от ежегодного потребления ГФУ-227еа в этой области использования (выбросы при производстве) и 2% от накопленного банка ГФУ-227еа (ежегодные утечки) (IPCC, 2000)

В результате уточнения данных о внешней торговле в настоящем кадастре выполнен перерасчет выбросов ГФУ-227еа в 2014-2015 гг.

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 2а);
- использование заменителей ОРВ для вспенивания (метод уровня 1а/б);
- использование заменителей ОРВ для противопожарной защиты (метод уровня 1а/б);
- использование заменителей ОРВ в аэрозолях (метод уровня 1а/б);
- использование заменителей ОРВ в других областях (метод уровня 1а/б).

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

Предполагалось, что для разгруппированных методов (метод уровня 2а) неопределенность данных о деятельности составляет 5%, неопределенность коэффициентов выбросов и других параметров расчета может достигать 25%. Для данных о деятельности, сгруппиро-

ванных 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 2а неопределенность составляет 25%, а для оценок по методу уровня 1а/б – 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 перерасчеты выбросов ГФУ от систем кондиционирования воздуха и охлаждения. Перерасчеты выбросов выполнены в связи с уточнением и корректировкой данных о деятельности. Для источников стационарного кондиционирования воздуха перерасчеты были выполнены:

- для использования ГФУ-407с и ГФУ-410а для периода времени с 2001 по 2015 г.;
- для использования ГФУ-134а для периода времени с 2012 по 2015 г.

Для использования ГФУ-134а в автомобильных кондиционерах перерасчеты были выполнены для периода времени с 2014 по 2015 г.

Перерасчеты выбросов от использования ГФУ-134а, ГФУ-404а и ГФУ-507 в коммерческом холодильном оборудовании были выполнены для периода времени с 2013 по 2015 г.

Для промышленного холодильного оборудования перерасчеты были выполнены:

- для использования ГФУ-134а для периода времени с 1995 по 2015 г.;
- для использования ГФУ-404а для периода времени с 1997 по 2015 г.;
- для использования ГФУ-507 для периода времени с 2004 по 2015 г.;
- для использования ГФУ-407с, ГФУ-413а, ГФУ-143а и ГФУ-23 для периода времени с 2014 по 2015 г..

В кадастре выбросов 2018 г. выполнен перерасчет выбросов от использования ГФУ-152а в качестве пенообразователя. Причиной перерасчета стала информация таможенной службы об использовании практически всего ввозимого в страну хладагента ГФУ-152а для производства монтажной пены. Ранее предполагалось, что этот хладагент используется в аэрозолях.

Кроме того, выполнены перерасчеты выбросов по методике первого уровня от использования ГФУ в 2014 - 2015 гг. в результате уточнения данных о внешней торговле фторсодержащими соединениями.

4.8 Производство и использование других продуктов

4.8.1 Обзор

Для субсектора «Производство и использование других продуктов» проводилась оценка выбросов SF₆ от электрооборудования, военных приложений и ускорителей частиц, а также выбросов N₂O от использования N₂O в анестезии.

Результаты оценки представлены в таблице 4.68.

В 2016 г. суммарный выброс парниковых газов от субсектора составил 1325 Гг или 168 % от уровня выбросов 1990 г. Рост выбросов связан с существенным ростом использования элегазового электрооборудования в энергетике.

Основным источником выбросов парниковых газов в субсекторе по-прежнему остается использование N₂O в анестезии (2.G.3а) – 44 % от суммарного выброса от субсектора. Доля выбросов SF₆ от использования SF₆ в электрооборудовании (2.G.1) и в ускорителях частиц (2.G.2.b) в 2016 г. составила 30% и 26% соответственно.

Таблица 4.68

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

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Выбросы SF_6 от электрооборудования													
9,0	18,5	28,0	88,5	120,1	131,8	134,6	153,0	199,5	216,6	235,6	278,4	313,9	393,8
Выбросы SF_6 от военных приложений													
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Выбросы SF_6 от ускорителей частиц													
241,4	244,0	254,3	266,4	272,3	344,1	313,8	349,6	329,6	323,0	327,7	372,3	337,1	346,9
Выбросы N_2O от использования N_2O в анестезии													
539,9	491,9	502,6	511,3	520,4	522,6	536,0	543,0	548,8	551,2	556,2	570,1	578,5	583,8
Всего													
790,3	754,4	784,9	866,2	912,9	998,5	984,4	1045,6	1077,9	1090,8	1119,6	1220,8	1229,5	1324,5

4.8.2 Методика расчетов

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

Выбросы оценивались по методу уровня 1 МГЭИК (IPCC, 2006) на основе данных о суммарной паспортной емкости элегазового электротехнического оборудования.

Оценка выбросов от производства электротехнического оборудования не выполнялась из-за отсутствия данных. Выбросы от установки оборудования были учтены при расчете выбросов от эксплуатации. 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).

Для оценки выбросов использовался коэффициент выбросов, равный 2% от банка SF_6 , накопленного в существующем электротехническом оборудовании, что существенно больше коэффициентов выбросов, установленных по нормам ТУ (1% до 2011 г., 0,5% в настоящее время). Предполагалось, что повышенный коэффициент выбросов позволяет учесть выбросы от производства и установки оборудования.

Использование элегазового оборудования в электрических сетях РАО «ЕЭС России» началось в 1989г. Данные по общему количеству SF_6 в оборудовании, собранные Министерством промышленности и энергетики РФ (2001-2006 гг.), Министерством энергетики в 2007-2016 гг., полученные в результате интерполяции (1990-2000) приводятся в таблице 4.69.

В кадастре учтено использование SF_6 в элегазовом электрооборудовании на Оскольском электрометаллургическом комбинате и на атомных электростанциях ОАО «Концерн Энергоатом». Эти данные также представлены в таблице 4.69.

Таблица 4.69

Общее количество SF_6 в электротехническом оборудовании, т

Годы	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Электросети РАО «ЕЭС России»	4,2	25,0	45,8	177,0	243,6	265,4	267,9	297,4	387,1	421,7	458,9	516,5	533,0	669,6
ОЭМК	15,5	15,5	15,5	15,5	15,6	15,6	15,6	15,6	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
АЭС ОАО «Концерн Энергоатом»	–	–	0,1	1,6	4,2	7,9 ¹⁾	11,7	22,6 ¹⁾	33,5	36,3	40,9	77,2	138,4	177,1

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 Российской Федерации 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 - 2016 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 данные о количестве ускорителей частиц в научно-исследовательских и учебных институтах, в промышленности и в медицине в 2007 - 2015 гг. представленные в официальных публикациях Роспотребнадзора (Федеральная служба, 2008 - 2016). 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 г. оценивались методом экстраполяции.

Таблица 4.70

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

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Научно-исследовательские и учебные ускорители	186	214	197	205	187	171	183	212	187	
Промышленные ускорители	69	138	121	170	175	201	181	195	189	
Медицинские ускорители	74	75	87	71	84	77	84	129	97	

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

Таблица 4.71

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 в этом году хирургических операций (принималось, что потребность в N_2O пропорциональна общему числу хирургических операций, выполненных в медицинских стационарах (Госкомстат России, 1996, 2001, 2006)). Число операций за 2005 – 2016 гг. получено из базы данных Росстата (табл. 4.72).

4.8.3 Оценка неопределенностей

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

Неопределенность оценки выбросов N_2O от использования N_2O в анестезии оценивается в пределах $\pm 40\%$.

Таблица 4.72

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

Годы	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Количество операций	9223	8403	8587	8735	8891	8928	9157	9277	9375	9417	9503	9740	9882	9974

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 в 2015 г. с учетом данных, переданных Министерством энергетики.

4.9 Другие производства (2.Н)

4.9.1 Обзор

В субсекторе «Другие производства», в соответствии с методикой МГЭИК (IPCC, 1996), оценивались выбросы неметановых летучих органических соединений в целлюлозно-бумажной (2.Н.1), пищевой промышленности и в производстве алкогольных напитков (2.Н.2). Результаты представлены в таблице 4.73.

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

Таблица 4.73

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

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Пищевая промышленность	206,3	127,1	139,8	129,4	134,7	130,2	128,3	113,5	135,9	117,9	113,4	117,0	122,2	124,0
Производство алкогольных напитков	210,9	185,8	187,2	203,2	203,9	191,1	178,3	166,1	147,7	167,4	147,7	119,8	110,8	128,1
Целлюлозно-бумажная промышленность	17,3	10,8	14,2	17,5	18,1	17,9	17,0	17,7	18,2	18,5	17,7	19,0	19,9	20,6
Суммарный выброс НМЛОС	434,6	323,7	341,2	350,1	356,7	339,1	323,6	297,2	301,8	303,7	278,7	255,7	252,8	272,6

4.9.2 Методика расчетов

Выбросы НМЛОС NO_x, CO и SO₂ от целлюлозно-бумажной промышленности (2.Н.1)

Оценка выбросов НМЛОС, NO_x, CO и SO₂ от целлюлозно-бумажной промышленности проводилась по методике МГЭИК (IPCC, 1996). В расчетах использовались статистические данные об объемах производства целлюлозы, а также данные об объемах производства целлюлозы способом сульфатной варки, полученные из базы данных Росстата. Данные о производстве целлюлозы приводятся в таблице 4.74.

Таблица 4.74

Производство целлюлозы в России, тыс. т

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всего	7525	4197	4960	6001	5973	5913	5487	5687 ¹⁾	5888	5992	5715	5997	6293	6538
В.т.ч. по способу сульфатной варки	4689	2917	3833	4731	4886	4827	4597	4772 ²⁾	4908	4989	4771	5135	5365	5555

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 SO₂/ тонну сухой целлюлозы для сульфатного способа варки целлюлозы. Для сульфитного процесса коэффициент выбросов SO₂ равен 30 кг/ тонну сухой целлюлозы.

Выбросы НМЛОС в пищевой промышленности и производстве алкогольной продукции (2.Н.2)

Для пищевой промышленности проводилась оценка выбросов НМЛОС от производства сахара, маргарина, мяса, птицы, рыбы, хлеба и хлебобулочных изделий. В расчетах использовались коэффициенты выбросов по умолчанию (табл. 2.26 Руководства (IPCC, 1996)). Оценка проводилась на основе объемов производства пищевой продукции по статистическим данным (Российский статистический ежегодник, 1998, 2004 – 2017). Данные Росстата об объемах производства в пищевой промышленности приводятся в таблице 4.75. Коэффициенты выбросов НМЛОС в пищевой промышленности приводятся в таблице 4.76.

Таблица 4.75

Производство отдельных видов пищевой продукции в России

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Сахар-песок и сахар-рафинад/с 2010г. сахар белый свекловичный и тростниковый в твердом и жидком состояниях, тыс. т</i>													
4835	3281	6148	5643	6169	5937	5938	4755	7130	5341	4986	5277	5748	6051
<i>Товарная пищевая рыбная продукция, включая консервы рыбные/с 2010г. рыба и продукты рыбные переработанные и консервированные, млн. т</i>													
4,3	2,4	3,0	3,4	3,8	3,7	3,9	3,6	3,6	3,7	3,8	3,7	3,8	4,0
<i>Мясо, включая субпродукты I категории/с 2010г. мясо и субпродукты пищевые убойных животных и домашней птицы, тыс. т</i>													
6484	2370	1194	1857	2561	2899	3380	3957	4250	4747	5321	5971	6631	7060
<i>Колбасные изделия, тыс. т</i>													
2283	1293	1052	2014	2411	2454	2238	2439	2486	2533	2502	2475	2445	2436
<i>Мясные полуфабрикаты/с 2010г. полуфабрикаты мясные (мясосодержащие) охлажденные, замороженные и замороженные, тыс. т</i>													
1075	268	244	987	1254	1451	1538	1624	1934	2254	2504	2736	2915	3073

Продолжение таблицы 4.75

1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Консервы мясные и мясорастительные/с 2010г. консервы мясные (мясосодержащие) и мясорастительные, млн. усл. банок (1 усл. банка = 353 мл)</i>													
545	348	244	987	1254	1451	1538	1624	1934	2254	2504	2736	2915	3073
<i>Маргариновая продукция, тыс. т</i>													
808	198	508	674	675	718	732	671	652	690	693	746	649	601
<i>Хлеб и хлебобулочные изделия, млн. т</i>													
18,2	11,3	462	642	752	762	693	437	433	473	456	512	526	495

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 – 2017). 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 1990-2016 гг. приводятся в таблице 4.77.

Таблица 4.76

Коэффициенты выбросов НМЛОС в пищевой промышленности и производстве алкогольной продукции

Продукция	Коэффициент выброса
Пиво, кг /гектолитр	0,035
Вино, кг /гектолитр	0,080
Коньяк, кг /гектолитр	3,50
Водка и ликероводочная продукция, кг /гектолитр	15,0
Сахар, кг/т	10,0
Мясо и рыба, кг /т	0,30
Маргарин, кг/т	10,0
Хлеб, кг/т	8,00

Таблица 4.77

Производство алкогольных напитков в России, млн. декалитров

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Пиво ¹⁾	336	213	516	910	1147	1140	1091	984	994	974	888	823	780	783
Вина ²⁾	84,1	31,0	33,7	48,9	76,3	75,1	73,7	79,1	73,6	64,7	67,8	73,5	85,1	88,7
Коньяки ³⁾	5,9	0,9	1,7	4,5	8,1	9,9	12,6	9,0	8,1	9,8	7,4	7,6	7,7	7,9
Водка и ликероводочные изделия	138	123	123	132	131	122	113	106	93,9	106,7	94,3	75,8	69,8	81,3

¹⁾ с 2010г. – пиво, кроме отходов пивоварения, с 2012 г. включая напитки, изготавливаемые на основе пива (пивные напитки)

²⁾ до 2009г. вина виноградные, плодовые, шампанские и игристые, с 2013 г. – винодельческая продукция

³⁾ с 2010г. – коньяк

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.

В 2018 г. выполнен перерасчет выбросов НМЛОС от пищевой промышленности и производства алкогольных напитков в связи с корректировкой данных о деятельности.

5. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО (СЕКТОР 3 ОФД)

5.1 Обзор по сектору

В 2016 году суммарные выбросы парниковых газов от аграрного сектора Российской Федерации составили 134 175 тыс. тонн CO_2 -экв., что соответствует 41,4% уровня 1990 года (324 475 тыс. тонн CO_2 -экв.). В 2016 году вклад закиси азота (N_2O) в общие сельскохозяйственные выбросы был выше (56,8%) вклада метана (CH_4) – 41,5%, вклад CO_2 составляет около 1,6%. К наиболее значимым источникам в аграрном секторе РФ относятся прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных почв (56492 тыс. тонн CO_2 -экв.) и выбросы CH_4 при внутренней ферментации домашних животных (49336 тыс. тонн CO_2 -экв.). В течение периода с 1990 г. прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных земель сократился на 54,4%, а выброс метана от процессов внутренней ферментации животных на 60,9%.

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 2,0 раза и птицы – почти в 1,5 раз по сравнению с уровнем 1990 года (по состоянию соответственно на 01.01.1990 и 01.01.2016). При этом поголовье коров снизилось более чем в 2 раза, остального поголовья крупного рогатого скота – более чем в 3 раза, овец и коз – более чем в 2 раза. Площадь культивируемых земель в России за период после 1990 года уменьшилась на 30,1% или 40,0 млн. га (см. рис. 5.2). Внесение минеральных азотных удобрений сократилось на 64,3 %, что соответствует снижению поступления азота в сельскохозяйственные почвы почти на 3 млн. тонн. Все указанные показатели агропромышленной деятельности имеют тенденцию к постепенному снижению в течение всего рассматриваемого периода, включая последние годы.

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 национальные методы, соответствующие уровню 2 для коров, крупного рогатого скота и 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 коров, крупного рогатого скота и свиней; 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 3Е (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 2006г. (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).

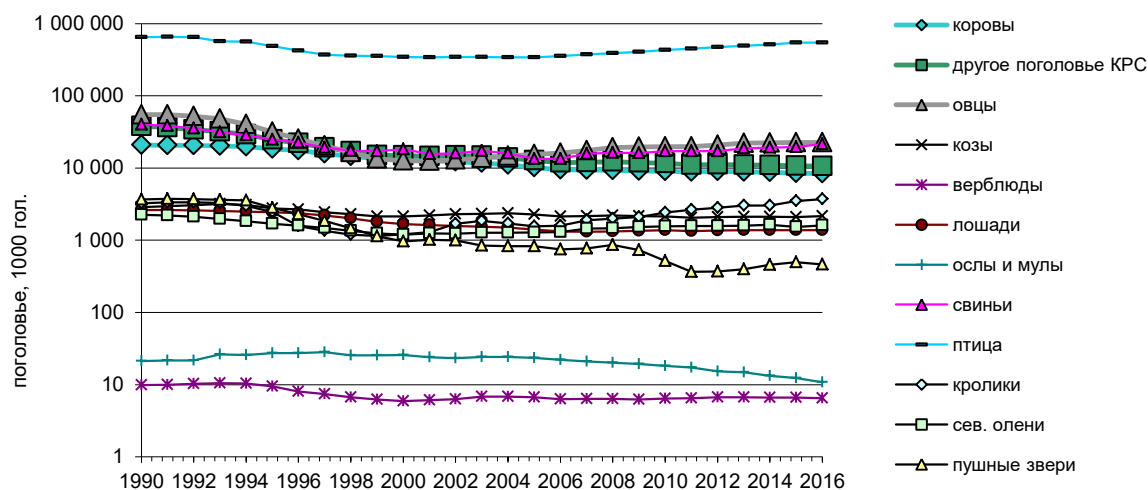


Рисунок 5.1 – Поголовье скота и птицы в хозяйствах всех категорий (на 1 января), тыс. голов.

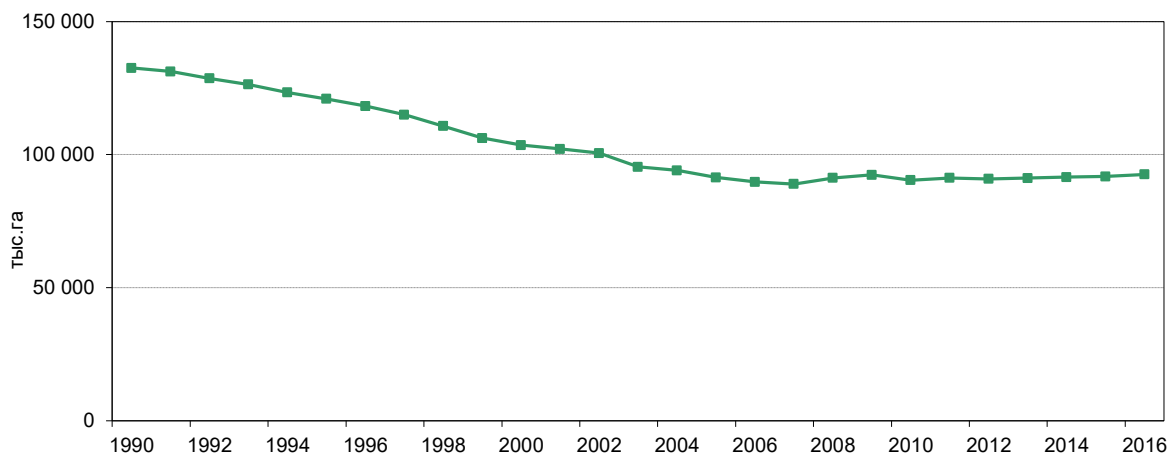


Рисунок 5.2 – Культивируемые земли в России (посевные площади, пар и многолетние насаждения)

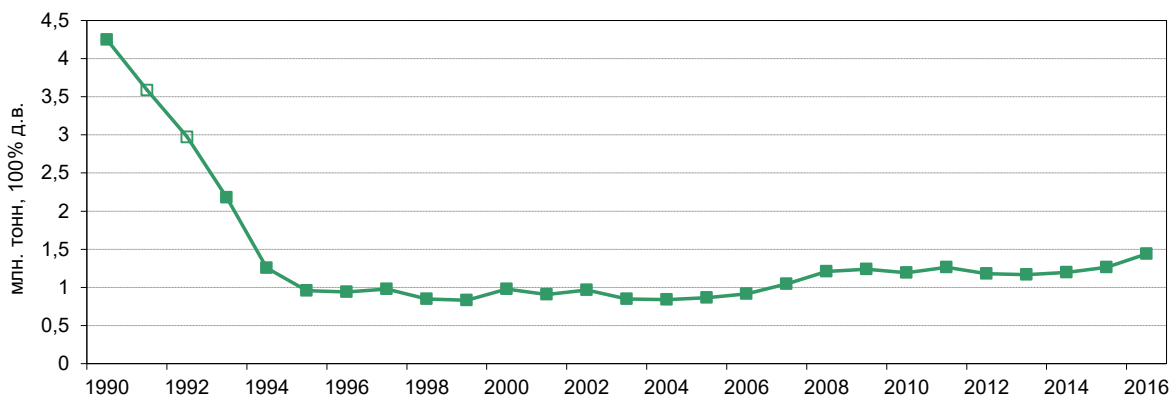


Рисунок 5.3 – Внесение минеральных азотных удобрений в почвы

Ведение сельскохозяйственной деятельности может сопровождаться изменениями запаса почвенного углерода, а, следовательно, и выбросами (абсорбцией) углекислого газа (CO_2). В соответствии с рекомендациями МГЭИК выбросы CO_2 от сельскохозяйственных почв рас-

смаатриваются в инвентаризации сектора землепользования, изменения в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) (см. главу 6 настоящего доклада).

Таблица 5.1

Выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве по источникам (тыс. тонн CO₂-экв.)

Годы	Источники								Всего*
	Внутренняя ферментация, CH ₄	Системы сбора и хранения навоза			Рисовые поля, CH ₄	Почвы		Выбросы CO ₂ при известковании и внесении мочевины	
		CH ₄	Прямой выброс, N ₂ O	Косвенный выброс, N ₂ O		Прямой выброс, N ₂ O	Косвенный выброс, N ₂ O		
1990	126116,6	14634,4	11437,2	10045,7	855,7	123763,1	26559,1	11064,2	324475,9
1995	90810,1	9548,3	7934,5	6569,0	503,7	77892,2	14910,7	2862,6	211031,1
2000	58068,9	5932,1	5036,9	4138,2	519,7	68245,1	11996,9	1626,3	155564,1
2005	51993,8	4757,6	4863,2	3830,7	431,0	60293,5	10267,5	1734,2	138171,3
2007	50398,7	5020,3	4916,3	3947,2	488,0	59969,6	10316,3	1859,1	136915,6
2008	51371,2	5142,4	5121,7	4099,6	495,5	58330,7	10159,4	1768,8	136489,4
2009	51144,4	4998,8	5160,8	4104,9	557,8	58759,1	10353,5	1662,4	136741,7
2010	49032,2	4944,4	5107,9	4076,9	622,6	63244,1	11300,9	1866,8	140195,8
2011	48173,8	5056,6	4980,1	4028,2	643,8	59271,4	10442,9	1920,9	134517,6
2012	49608,0	5221,6	5123,9	4148,2	616,9	62395,1	11189,0	2016,4	140319,1
2013	49623,7	5456,2	5138,4	4211,4	580,5	57431,8	10316,4	2005,5	134763,9
2014	49955,2	5555,9	5259,8	4341,1	601,4	58055,0	10262,0	2058,6	136102,0
2015	49796,4	5621,0	5359,5	4430,0	621,9	57656,9	10233,2	2078,2	135797,1
2016	49336,0	5775,7	5296,6	4434,3	635,2	56492,3	10007,9	2201,0	134175,6

* сумма по строкам может не совпадать со значениями «всего» в связи с округлением

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.gks.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 предварительным данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. (далее ВСХП – 2016) на каждое из них приходится 4,9 тыс. га посевных площадей, 921 голова крупного рогатого скота, 2891 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 предварительным данным ВСХП – 2016 составило 112 тысяч. Средний размер земельного участка в хозяйствах, имеющих земельную площадь, составлял 309 га.

3. Хозяйства населения, производящие продукцию, в основном, для продовольственного обеспечения семьи; по предварительным данным ВСХП – 2016 число личных подсобных хозяйств и других индивидуальных хозяйств граждан составило около 19 млн. со средней площадью земли 0,7 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.

В 2016 году Росстат провел в стране общую сельскохозяйственную перепись. Предыдущая полная сельскохозяйственная перепись в России состоялась в 2006 г. Результаты переписи 2006 года использованы при подготовке настоящего кадастра выбросов парниковых газов в сельскохозяйственном секторе.

В соответствии с рекомендациями группы экспертов по проверке Национального кадастра РФ в 2013г., представлена информация по методологическим подходам к определению потребления пастбищных кормов животными. Сбор данных о пастбищных кормах в Российской Федерации основан на суммарных данных по количеству травы, которая потребляется животными на пастбищах. Эта величина рассчитывается по хозяйствам всех категорий (сельскохозяйственные организации, фермерские хозяйства и хозяйства населения) на основе единой методологии, утвержденной Росстатом. (См. http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/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 РФ, 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.

Сравнение полученных национальных коэффициентов для коров с коэффициентами, используемыми для этого вида животных в развитых странах Европы, свидетельствует о том, что в России при сравнительно низких надоях молока коэффициенты выброса метана достаточно высокие. По-видимому, это может объясняться более высоким процентом потребления грубого корма в годовом рационе коров, который может снижать отношение обменной энергии к валовой и, соответственно, увеличивать выбросы метана. В целом тренд рассчитанных коэффициентов выброса метана при внутренней ферментации у коров положительно коррелирует с надоями молока за весь период расчетов (коэффициент корреляции равен 0,9) – рисунок 5.4. Следует отметить наметившуюся в течение последних лет (с 2001г.) тенденцию увеличения эффективности использования энергии корма и, соответственно, получение

более высоких надоев молока, без значительного увеличения выбросов метана. С 2006г. практически наблюдается стабилизация коэффициента выброса метана при продолжающемся увеличении среднегодовых надоев.

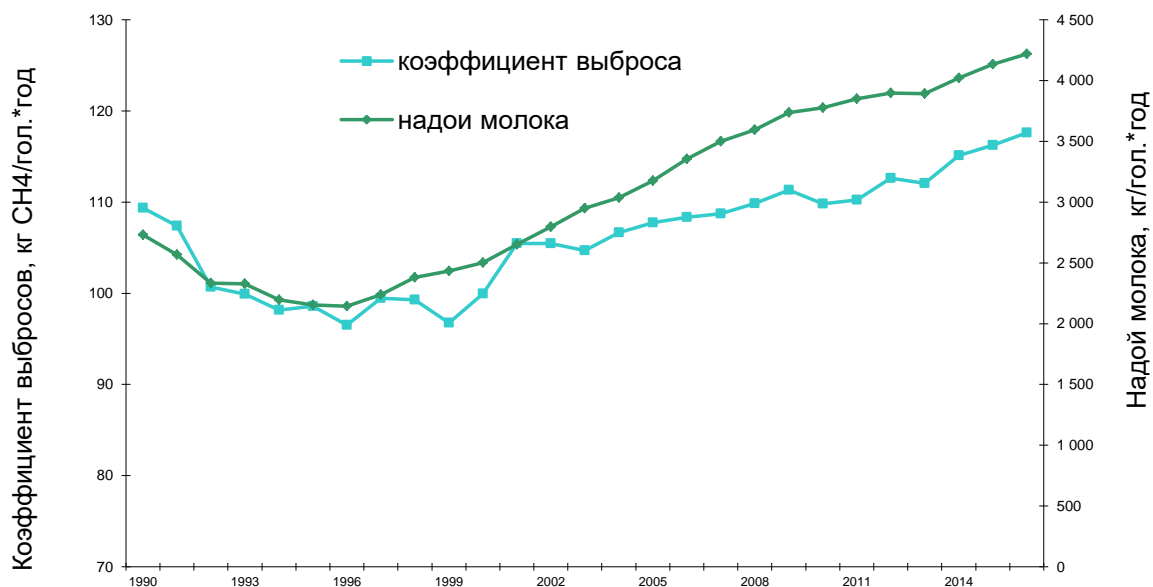


Рисунок 5.4 – Коэффициенты выбросов метана при внутренней ферментации у коров и надой молока

5.3.2 Методологические подходы

Исходные данные о поголовье скота и птицы за период расчетов с 1990 г., взяты из отчетных материалов, официальных статистических изданий Росстата и официальных данных статистики, приведенных на веб-сайте Росстата (Госкомстат России, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2016; интернет-сайт Росстата (<http://www.gks.ru>)). Для расчета среднегодового поголовья были использованы статистические данные Росстата по динамике месячного поголовья крупного рогатого скота, коров, свиней, овец и коз (<http://www.gks.ru>) 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 2016 года поправочные коэффициенты равны для крупного рогатого скота 1,034; для коров – 1,006; для свиней – 1,026 и для овец и коз поправочный коэффициент равен 1,072. 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 руководств МГЭИК.

В соответствии с рекомендациями группы по проверке 2016 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 равны-

ми: 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 крупного рогатого скота (КРС) и 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.) 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. 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.

В разрезе регионов абсолютные данные по потреблению разных видов кормов (концентрированные корма, комбикорма, грубые корма, сочные корма) по видам сельскохозяйственных животных отсутствуют. Поэтому в настоящем кадастре для региональных оценок были использованы относительные данные по структуре расхода разных видов кормов по видам скота и птицы в сельскохозяйственных организациях, представляющих долю каждого вида корма в общем потреблении животными (по категориям) энергии за год в каждом регионе. Принято, что структура расхода по сельскохозяйственным организациям соответствует структуре расхода в хозяйствах всех категорий. На основе полученного соотношения видов кормов в годовом рационе скота в регионе и статистических данных по общему потреблению всех видов кормов этими животными в регионе оценивали абсолютные количества потребленных кормов по их видам в каждом регионе. Потребления пастбищных (животных) кормов отдельными видами животных по регионам были распределены согласно структуре расхода всех видов кормов по видам скота в хозяйствах всех категорий от общей рассчитанной величины потребления пастбищных кормов данным видом животных в стране.

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 и валовую энергию 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

1 кг сухого вещества кормов содержит около 18,45 МДж валовой энергии. Таким образом, используя полученные пересчетные коэффициенты, были рассчитаны значения валовой энергии для коров, другого поголовья КРС и свиней.

$$GE = \sum_i (R \cdot (fod_i / totalfod) \cdot FU_i \cdot 18,45), \quad (5.1)$$

где: GE – валовая энергия потребляемого корма в расчете на 1 голову в год, МДж;
 R – суммарный расход всех видов кормов в расчете на 1 голову скота данной категории в год, кормовые единицы;
 fod_i – расход кормов определенного вида (i) на все поголовье скота данной категории за год, кормовых единиц;
 $totalfod$ – общее потребление кормов всех видов поголовьем скота данной категории за год, кормовых единиц;
 FU_i – содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества корма определенного вида (i), доля;
 $18,45$ – коэффициент преобразования сухого вещества кормов в МДж (МГЭИК, 2006).

Содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества корма каждого вида (FU_i) рассчитано отдельно для крупного рогатого скота: $1,13 \pm 0,27$ для концентратов, $0,98 \pm 0,35$ для комбикормов, $0,55 \pm 0,14$ для грубых кормов, $0,81 \pm 0,18$ для сочных кормов и $0,84 \pm 0,13$ для других видов кормов; и для свиней: $1,16 \pm 0,25$ для концентратов, $1,12 \pm 0,17$ для комбикормов, $0,58 \pm 0,14$ для грубых кормов, $0,86 \pm 0,19$ для сочных кормов и $1,70 \pm 0,46$ для животных видов кормов.

Коэффициенты выбросов метана при внутренней ферментации коров и другого поголовья КРС для всех лет после 2002 года рассчитаны по субъектам РФ на основе 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 поголовья КРС по субъектам РФ. Для достижения согласованности оценок выбросов в течение всего отчетного периода коэффициенты выбросов для предыдущих лет (1990-2001) получены как средние отношения между коэффициентами, рассчитанных по общенациональным данным и по региональной статистике за известные годы. Средняя разница между коэффициентами по национальным и региональным данным за период 2002-2010 для выбросов от внутренней ферментации коров составляет 0,995, а для другого поголовья КРС – 0,999 (т.е. региональные коэффициенты дают средневзвешенное среднее чуть ниже, чем расчет по общенациональным данным). Полученные коэффициенты были применены для коррекции коэффициентов выбросов для коров и другого поголовья КРС для всех лет с 1990 по 2001г. Соответственно, были рассчитаны выбросы от внутренней ферментации КРС.

В таблицах 5.2. и 5.3. приведена методология расчета валовой энергии, потребляемой коровами и другим поголовьем КРС, коэффициентов выброса метана при внутренней ферментации, а также оценка средневзвешенного значения коэффициента перевариваемости кормов за последний год. В этих таблицах приведен расчет, выполненный по общенациональным статистическим данным, для примера методологии оценки коэффициентов выбросов CH_4 , проведенной для каждой области РФ отдельно.

В таблице 5.4 приведена методология расчета валовой энергии и коэффициентов перевариваемости для свиней за последний год настоящего кадастра. Расчет выполнен по общенациональным данным.

Таблица 5.2

Расчет валовой энергии коров за последний год кадастра.¹

Параметры	Всех кормов	Концентраты (без комбикормов)	Комбикорма	Грубые корма	Сочные корма	Другие корма
Расход кормов коровам, тыс. тонн корм. ед.	33412,8	6486,1	3299,8	9501,2	7897,0	6228,7
Соотношение разных видов кормов в годовом рационе коров, %	100,0	19,4	9,9	28,4	23,6	18,6
Расход кормовых единиц на 1 голову коров	4188,0	813,0	413,6	1190,9	989,8	780,7
Содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества ²⁾		1,13	0,98	0,55	0,81	0,84
Потребление сухого вещества на 1 голову в год, кг		719,4	422,04	2165,26	1222,00	929,42
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	100703,2	13273,8	7786,7	39949,0	22545,9	17147,8
Валовая энергия в расчете на 1 голову в сутки, МДж	275,90					
Коэффициент выбросов CH ₄ при внутренней ферментации, кг CH ₄ /гол./год	117,62					
Коэффициент перевариваемости кормов, DE %		80,29	84,37	61,68	66,30	66,12
Средневзвешенное значение коэффициента перевариваемости кормов, DE %	69,45					

¹⁾ По общенациональным данным – в качестве справочной информации. В кадастре использованы региональные расчеты.

²⁾ См. приложение 3.1, таблица П.3.1.1.

курсивом обозначены статистические данные

Таблица 5.3

Расчет валовой энергии КРС (без коров) за последний год кадастра.¹

Параметры	Всех кормов	Концентраты (без комбикормов)	Комбикорма	Грубые корма	Сочные кор- ма	Другие корма
Расход кормов КРС (без коров), тыс. тонн корм. ед.	25383,0	4233,5	1687,0	7237,8	5844,8	6379,9
Соотношение разных видов кормов в годовом рационе, %	100	16,7	6,6	28,5	23,0	25,1
Расход кормовых единиц на 1 голову	2331	388,8	154,9	664,7	536,7	585,9
Содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества ²⁾		1,13	0,98	0,55	0,81	0,84
Потребление сухого вещества на 1 голову в год, кг		344,05	158,08	1208,49	662,65	697,48
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	56655,5	6347,7	2916,7	22296,6	12225,9	12868,6
Валовая энергия в расчете на 1 голову в сутки, МДж	155,2					
Коэффициент выбросов CH ₄ при внутренней ферментации, кг CH ₄ /гол./год	66,17					
Коэффициент перевариваемости кормов, DE %		80,29	84,37	61,68	66,30	66,12
Средневзвешенное значение коэффициента перевариваемости кормов, DE %	68,47					

¹⁾ По общенациональным данным – в качестве справочной информации. В кадастре использованы региональные расчеты.²⁾ См. приложение 3.1, таблица П.3.1.1.

курсивом обозначены статистические данные

Таблица 5.4

Расчет валовой энергии и коэффициентов перевариваемости для свиней за последний год кадастра.

Параметры	Всех кормов	Концентраты (без комбикормов)	Комбикорма	Грубые корма	Сочные корма	Животные корма
Расход кормов свиньям, тыс. тонн корм. ед.	15739,0	2623,4	11926,2	20,4	752,4	416,6
Соотношение разных видов кормов в годовом рационе свиней, %	100	16,7	75,8	0,1	4,8	2,6
Расход кормовых единиц на 1 голову свиней	713	118,8	540,3	0,9	34,1	18,9
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	637,17	102,45	482,39	1,59	39,63	11,10
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	11755,7	1890,2	8900,1	29,4	731,2	204,8
Коэффициент перевариваемости, %		75,20	79,43	40,27	49,53	90,84

¹⁾ См. приложение 3.1, таблица П.3.1.2.
курсивом обозначены статистические данные

Коэффициент преобразования метана (Y_m) для КРС использован по умолчанию для рационов, содержащих менее 90% концентратов (МГЭИК, 2006) (табл. 10.12)) и равен 0,065. 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 (МГЭИК, 2006).

Для свиней в Руководящих принципах (МГЭИК, 2006) отсутствует информация по рекомендуемому коэффициенту преобразования метана. Поэтому было использовано значение, равное 0,6% ($Y_m=0,006$) в соответствии с таблицей А-46, стр. 4-35, том 3 (МГЭИК, 1997).

В таблице 5.5 приведены результаты расчета региональных коэффициентов выбросов CH_4 при внутренней ферментации коров и другого поголовья КРС по субъектам РФ за последний год кадастра, а также средневзвешенные значения этих коэффициентов для страны в целом, использованные в настоящем кадастре.

В Приложении 3.1 в таблице П.3.1.6 приведены региональные данные по потребленной валовой энергии кормов коров, в таблице П.3.1.7 – по коэффициентам выброса метана при внутренней ферментации коров, в таблице П.3.1.8 – региональные данные по валовой энергии кормов другого поголовья КРС (без коров) и в таблице П.3.1.9 – коэффициенты выброса метана при внутренней ферментации другого поголовья КРС после 2008 г., в соответствии с рекомендациями отчета по проверке кадастра 2013 года.

Как следует из данных таблицы 5.5, наблюдается широкая 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, времени 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 Республики Калмыкия, также как и для большинства предыдущих лет. Согласно статистической информации, в этой республике почти 100% всех кормов, потребляемых коровами за год, приходится на пастбищные корма, т.е. животные почти круглый год находятся на пастбищах и выпасах. Крупные сельскохозяйственные организации молочного направления в республике отсутствуют и надои молока на 1 голову в год самые низкие по стране (ниже 600 кг на голову в год) – в 6 и более раз ниже за разные годы, чем средние по стране. Расход кормов в Калмыкии в расчете на 1 корову составляет только 1209 кормовых единиц в год. Максимальное значение коэффициента выброса при внутренней ферментации коров получено для Московского региона (Московская обл. и г. Москва), где общее потребление кормов в расчете на 1 голову коров значительно больше, чем в среднем по стране (6638 кормовая единица на голову в год в Московской области по сравнению с 4188 кормовыми единицами на голову в год в среднем по стране), а надои (более 6000 кг на голову в год) – в 1,5 раза выше средних по стране.

Для остального поголовья КРС (без коров) минимальное значение коэффициента в последний год кадастра получено для Республики Бурятия, где расход кормов на 1 голову в год равен только 1263 кормовым единицам в год, что почти в 2 раза меньше, чем в среднем по стране. По-видимому, это обусловлено климатическими условиями и сложностью долгого содержания животных в течение холодного периода года. Также живая масса поголовья КРС (без коров) в Бурятии значительно ниже, чем в среднем по стране. Максимальное значение коэффициента выброса – в Брянской области. Это обусловлено тем, что в крупнейшем агропромышленном комплексе области по разведению высокопродуктивных мясных пород крупного рогатого скота и производству мраморной говядины в качестве подкормки в рацион ввели зеленые корма, которые скашивались и доставлялись к месту нахождения скота, из-за чего вырос расход сочных и всех кормов. Кроме того, для откорма КРС были увеличены нормы расхода концентрированных кормов, что повлекло за собой увеличение показателей, как в сельскохозяйственных организациях, так и в хозяйствах всех категорий. Расход кормов в расчете на 1 голову КРС (без коров) в Брянской области был самым высоким и составил 6196 кормовых единиц в год.

Таблица 5.5

Валовая энергия, коэффициенты выбросов CH_4 при внутренней ферментации и коэффициенты перевариваемости кормов для коров, другого поголовья КРС по областям РФ 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	135268,63	158,00	71,47	52044,71	60,79	73,42
Брянская область	120066,83	140,24	68,23	135675,00	158,47	67,96
Владимирская область	146195,61	170,76	71,47	53973,83	63,04	73,40
Воронежская область	119662,81	139,77	71,20	47675,63	55,69	73,44
Ивановская область	129802,40	151,61	71,35	50838,73	59,38	72,58
Калужская область	114719,74	133,99	71,29	60214,58	70,33	71,57
Костромская область	99797,96	116,57	70,38	42809,93	50,00	72,08
Курская область	115689,36	135,13	69,67	47954,55	56,01	71,72
Липецкая область	115758,76	135,21	70,04	47468,56	55,44	71,75
Московская область	173090,20	202,17	73,49	58847,73	68,73	74,70
Орловская область	115921,17	135,40	69,48	51926,56	60,65	74,67
Рязанская область	137610,35	160,73	71,35	51402,17	60,04	71,62
Смоленская область	118316,25	138,20	68,11	51922,19	60,65	69,78
Тамбовская область	108441,01	126,66	66,95	75052,66	87,66	68,09
Тверская область	124190,21	145,06	69,66	46271,88	54,05	70,72
Тульская область	120895,43	141,21	71,96	38817,57	45,34	72,89
Ярославская обл.	145197,22	169,59	73,31	44808,10	52,34	72,68
Республика Карелия	121916,54	142,40	75,80	39476,88	46,11	73,54
Республика Коми	114465,17	133,70	70,35	58234,16	68,02	71,55
Архангельская область	113211,86	132,23	70,64	38477,94	44,94	71,08
Вологодская область	122562,98	143,16	74,28	44753,74	52,27	72,46
Калининградская область	149272,22	174,35	69,24	53063,40	61,98	67,61
Ленинградская область	163439,86	190,90	74,24	58820,85	68,70	74,48
Мурманская область	107779,19	125,89	76,85	35935,08	41,97	79,09
Новгородская область	135893,58	158,73	69,74	56157,90	65,59	71,03

Продолжение таблицы 5.5

Регион	Коровы			Другое поголовье КРС		
	Валовая энергия, МДж/гол. в год	Коэффициент выбросов, кг СН ₄ /гол. в год	Коэффициент пе- ревариваемости кормов, DE%	Валовая энергия, МДж/гол. в год	Коэффициент выбросов, кг СН ₄ /гол. в год	Коэффициент пе- ревариваемости кормов, DE%
Псковская область	130702,88	152,66	71,19	53356,96	62,32	71,09
Республика Адыгея	84148,53	98,29	68,02	85026,61	99,31	69,61
Республика Дагестан	52374,83	61,17	67,12	55505,82	64,83	66,79
Ингушская Республика	105607,43	123,35	73,06	61654,75	72,01	73,24
Кабардино-Балкарская Республика	110812,47	129,43	69,64	53948,96	63,01	67,90
Республика Калмыкия	26556,35	31,02	66,12	30918,71	36,11	67,47
Карачаево-Черкесская Республика	111931,17	130,74	65,51	37386,88	43,67	68,21
Республика Северная Осетия	67611,24	78,97	71,56	41209,13	48,13	67,84
Чеченская Республика	86012,09	100,46	66,49	63522,49	74,20	70,76
Краснодарский край	138520,88	161,79	73,05	48573,10	56,73	74,93
Ставропольский край	124670,58	145,62	67,79	45273,85	52,88	68,67
Астраханская область	91048,84	106,35	65,60	66777,22	78,00	65,73
Волгоградская область	79232,12	92,54	65,79	43290,83	50,56	67,31
Ростовская область	114673,56	133,94	66,92	40753,65	47,60	68,01
Республика Башкортостан	84003,01	98,12	67,62	40187,77	46,94	69,10
Республика Марий-Эл.	128415,13	149,99	69,16	59443,52	69,43	71,99
Республика Мордовия.	133890,70	156,39	70,25	41374,92	48,33	71,78
Республика Татарстан	138364,00	161,61	68,89	53260,30	62,21	70,90
Удмуртская Республика	133471,45	155,90	70,43	43378,87	50,67	70,48
Чувашская Республика	114244,04	133,44	67,71	45842,53	53,54	69,84
Пермский край	130051,62	151,90	69,75	46621,73	54,45	70,88
Кировская область	151682,50	177,17	70,97	50691,11	59,21	71,32
Нижегородская область	146969,82	171,66	71,37	47354,68	55,31	72,83
Оренбургская область	65708,22	76,75	67,70	37209,99	43,46	69,09
Пензенская область	113559,38	132,64	68,46	53229,20	62,17	69,62
Самарская область	124897,73	145,88	68,90	64224,38	75,01	70,92
Саратовская область	73038,41	85,31	69,26	38786,31	45,30	70,04

Продолжение таблицы 5.5

Регион	Коровы			Другое поголовье КРС		
	Валовая энергия, МДж/гол. в год	Коэффициент выбросов, кг СН ₄ /гол. в год	Коэффициент пе- ревариваемости кормов, DE%	Валовая энергия, МДж/гол. в год	Коэффициент выбросов, кг СН ₄ /гол. в год	Коэффициент пе- ревариваемости кормов, DE%
Ульяновская область	59723,00	69,76	69,92	39016,48	45,57	69,90
Курганская область	120188,41	140,38	67,51	69438,36	81,11	67,56
Свердловская область	141138,67	164,85	71,29	48653,62	56,83	72,15
Тюменская область	111135,39	129,81	70,22	52873,03	61,76	69,91
Челябинская область	91157,74	106,47	69,05	42247,40	49,35	72,01
Республика Алтай	59134,56	69,07	66,70	42313,52	49,42	66,40
Республика Бурятия	34586,19	40,40	66,40	28296,61	33,05	66,12
Республика Тыва	74706,02	87,26	65,73	31395,52	36,67	66,19
Республика Хакасия	65956,68	77,04	67,92	35858,87	41,88	68,56
Алтайский край	80841,74	94,42	70,61	40371,20	47,15	70,04
Красноярский край	104150,94	121,65	70,33	51695,35	60,38	70,08
Иркутская область	70785,60	82,68	69,08	39413,66	46,04	67,92
Кемеровская область	116945,82	136,59	68,61	56611,38	66,12	68,44
Новосибирская область	113028,14	132,02	68,78	50603,88	59,11	68,77
Омская область	132157,58	154,36	67,92	52468,38	61,28	69,44
Томская область	155444,27	181,56	67,04	60722,38	70,92	68,50
Читинская область	84231,43	98,38	65,77	46680,98	54,52	66,11
Республика Саха(Якутия)	90772,78	106,02	65,18	60724,91	70,93	66,40
Камчатский край	131718,36	153,85	67,87	75710,54	88,43	69,51
Приморский край	118636,99	138,57	67,58	48360,18	56,49	69,43
Хабаровский край	100216,24	117,05	67,80	40670,95	47,50	69,46
Амурская область	53135,13	62,06	69,46	69420,49	81,08	72,39
Магаданская область	107096,83	125,09	64,15	49175,85	57,44	65,85
Сахалинская область	120869,30	141,18	70,96	56888,74	66,45	69,13
Еврейская автономная обл.	97895,90	114,34	68,32	52577,48	61,41	67,92
Чукотский автономный округ	91555,24	106,94	65,54	23703,47	27,69	67,80
Республика Крым	123035,16	143,71	68,07	45790,26	53,48	70,62
г. Севастополь	105192,59	122,87	71,40	43858,33	51,23	71,93
Средневзвешенное	101109,41	118,10	68,78	49874,34	58,25	69,86

Межгодовые флюктуации средневзвешенных значений коэффициентов выброса метана при внутренней ферментации коров и другого поголовья КРС (без коров) в целом по стране зависят от региональных трендов в развитии животноводческих хозяйств: увеличения/сокращения поголовья, формирования новых крупных хозяйств/увеличения доли частного сектора, а также общей экономической ситуации в регионе, которая отражается на количестве закупленных комбикормов и концентратов. В целом, средневзвешенные коэффициенты по стране имеют увеличивающийся тренд с 2002-2003 гг. (за исключением кризисных 2010 и 2013 гг.) для обеих категорий КРС (см. таблицы в приложении 3.1 – П.3.1.7 и П.3.1.9).

Региональные тренды коэффициентов выброса метана при внутренней ферментации, как правило, имеют положительную тенденцию за период с 2008г. (см. таблицы приложения 3.1 П.3.1.7 и П.3.1.9). В некоторых регионах могут наблюдаться резкие изменения коэффициентов (например, для коров в Псковской области между 2011 и 2012 гг. наблюдался резкий рост EF, а между 2013 и 2014 гг. – напротив, его резкое падение; в Чукотском автономном округе рост EF для коров был между 2012 и 2013 гг., а для остального поголовья КРС между 2014 и 2015 гг. – резкое падение; в Брянской и Амурской областях наблюдается резкое падение EF для коров между 2013 и 2014 гг., затем между 2014 и 2015 гг. EF в Брянской обл. для остального поголовья КРС резко вырос; для другого поголовья КРС (без коров) в республике Адыгея EF рос между 2011 и 2012 гг.). Эти межгодовые изменения полностью подтверждаются статистической информацией по количеству потребленного корма животными в каждом регионе и могут объясняться дополнительным финансированием животноводства местными властями в определенный год или его отсутствием.

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 затем его постепенное 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 комбикормов (от 38,5% в 2006 г. до 75,8% в 2016 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 РФ, 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 (IPCC EFD), 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:

$$EF = [(масса норки, кг) / (масса свиньи, кг)]^{0,75} \cdot EF_{свиней},$$

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 СН₄/голову). Средняя масса свиней (56 кг) – определена по статистическим данным в 2009 г.

Данные о поголовье скота, пересчетные коэффициенты, а также общий выброс при внутренней ферментации за последний год кадастра приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6.

Пересчетные коэффициенты и выбросы СН₄ от внутренней ферментации в последний год кадастра.

Категория сельскохозяйственных животных	Коэффициент выбросов при внутренней ферментации, кг СН ₄ /гол*год	Выбросы СН ₄ при внутренней ферментации, Гг
Коровы	116,23	983,11
КРС (без коров)	63,62	696,23
Буйволы	55	0,31
Овцы	8	194,79
Козы	5	11,62
Верблюды	46	0,30
Лошади	18	24,74
Мулы	10	0,002
Ослы	10	0,11
Свиньи	1,26	27,83
Северные олени	19,9	31,96
Кролики	0,59	2,20
Лисицы	0,3	0,013
Песцы	0,27	0,01
Норки	0,06	0,10
Нутрии	0,35	0,0001
Всего		1 973,30

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 Институте глобального климата и экологии 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 2016 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. Всероссийская сельскохозяйственная перепись была проведена в 2006 году.

5.3.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной категории в настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

- для всех лет периода 1990 – 2015 были добавлены данные о численности буйволов;
- для всех лет периода 1990-2015 была исправлена ошибка в распределении значений коэффициентов перевариваемости (DE,%) по видам кормов для свиней в соответствии с таблицей П.3.1.2.

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 (3В1)

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 РФ, почти 90% выброса метана от кишечной ферментации обусловлено жизнедеятельностью крупного рогатого скота, 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 17%) за исследуемый период, и выбросы от свиней, вклад которых вырос на 14%. 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 метана от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета используются те же данные о поголовье скота из отчетных материалов, официальных статистических изданий Росстата и официальных данных статистики, приведенных на веб-сайте Росстата (Госкомстат России, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2016; интернет-сайт Росстата (<http://www.gks.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 метана 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). Исходная информация для расчета средних коэффициентов перевариваемости находится в приложении 3.1 настоящего доклада. 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: исходные справочные данные (Шпакова А.П. и др., 1991), использованные для разработки этих коэффициентов, представлены в приложении 3.1, таблица П.3.1.2. Средневзвешенные значения коэффициентов перевариваемости кормов определялись в зависимости от соотношения разных видов кормов для каждого года. Для периода после 2002 года оценивали ежегодные коэффициенты перевариваемости кормов для каждого субъекта РФ (величины последнего года приведены в таблице 5.5) по статистическим региональным данным и находили средневзвешенное значение, которое использовали в расчетах. Для предыдущих лет с 1990 по 2001 выполнены корректирующие

пересчеты для согласованности методологий и оценок в течение всего рассматриваемого периода в соответствии с рекомендациями группы экспертов по углубленной проверке Национального кадастра в 2010 г. При этом применена та же методика, как для коэффициентов выбросов от внутренней ферментации коров и другого поголовья КРС (см. раздел 5.3). Средняя разница между коэффициентами перевариваемости кормов по национальным и региональным данным за период 2002-2010 для коров составляет 0,993; для другого поголовья КРС – 0,998 (т.е. региональные коэффициенты дают средневзвешенное значение чуть ниже, чем расчет по общенациональным данным). Полученные коэффициенты использованы для коррекции коэффициентов перевариваемости кормов коров и остального поголовья КРС для всех лет с 1990 по 2001г.

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 2016 г. составляет 0,39, 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 4,87 и хорошо сопоставимо с коэффициентом по умолчанию равным 4,5 для стран Восточной Европы (табл. 10А-4). Для другого поголовья КРС национальный коэффициент составляет 2,33, 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, которые, как правило, не перемешиваются и позволяют образовываться естественной корке 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°C, таким образом, территория РФ находится в холодном климате согласно таблице 10.17 (МГЭИК, 2006). Согласно справочникам по климату среднегодовая температура воздуха в России составляет -5,5°C, при этом колебания по регионам могут быть от -13°C (Таймырский а.о.) до +12°C (Дагестан, Северная Осетия, Чечня) (Справочник по климату СССР, 1965-1966; Росгидромет, 2014). Соответственно, для навоза, оставленного на пастбищах, использовано значение MCF равное 1,0%, для систем сухого хранения – 2,0%, для жидкого навоза без естественной корки – 17% (значение для среднегодовой температуры не выше 10°C) (таблица 10.17 (МГЭИК, 2006)).

Для жидкого навоза выбрана только категория «без естественной корки», в соответствии с рекомендациями экспертов группы по проверке.

Незначительное число регионов со среднегодовой температурой выше 10°C находятся на Кавказе, где традиционно скот круглогодично находится на пастбищах, а численность свиней крайне низкая (например, в Чечне свиньи отсутствуют, а в Дагестане их поголовье не превышает 1 тыс.). Таким образом, использование коэффициента MCF для систем жидкого хранения 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 $\text{CH}_4/\text{гол} \cdot \text{год}$) взят из первоисточника (Sneathetal., 1997) и очень близок к значению по умолчанию (0,36 кг $\text{CH}_4/\text{гол} \cdot \text{год}$).

Результаты расчетов для последнего года, а также используемые пересчетные коэффициенты представлены в таблице 5.7.

Полученные национальные коэффициенты для коров несколько ниже коэффициентов выбросов, предлагаемых по умолчанию для этих животных для стран Восточной Европы с холодным климатом (10°C) (МГЭИК, 2006) – 11 кг CH₄/гол. • год. По-видимому, эта разница, прежде всего, обусловлена преобладанием в России систем хранения навоза в сухом виде при содержании коров молочного направления (табл. 5.11), которые характеризуются более слабыми выбросами метана по сравнению с системами жидкого хранения. Кроме того, средний вес молочных коров в РФ несколько ниже, чем вес по умолчанию (501 кг на начало 2016 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 CH₄/гол. • год). Это можно объяснить, как меньшей долей систем жидкого хранения в РФ, чем это принято для расчетов по умолчанию (МГЭИК, 2006, табл. 10А-5), так и разными значениями MCF: в соответствии с применением систем жидкого хранения с естественной коркой в национальных расчетах его значение равно 10%, а в расчетах по умолчанию используется MCF для жидкого хранения без естественной корки (17%).

Таблица 5.7

Пересчетные коэффициенты и выбросы CH₄ 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	5,10	43,18
КРС (без коров)	3,70	40,54
Буйволы	5	0,03
Овцы	0,19	4,63
Козы	0,13	0,30
Верблюды	1,58	0,01
Лошади	1,56	2,14
Мулы	0,76	0,0001
Ослы	0,76	0,01
Свиньи	5,69	125,55
Птица	–	–
мясные куры, петухи	0,02	0,31
куры-несушки	0,03	4,21
цыплята	0,02	7,33
гуси	0,02	0,004
гусята	0,02	0,0001
другая взрослая птица	0,045	0,58
молодняк другой птицы	0,02	0,24
Северные олени	0,369	0,59
Кролики	0,08	0,30
Лисицы	0,68	0,03
Песцы	0,68	0,02
Норки	0,68	1,04
Нутрии	0,68	0,0002
Всего		231,03

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 РФ. Согласно результатам Всероссийской сельскохозяйственной переписи в России в 2016 г. было около 4900 голов страусов. Применяя коэффициент по умолчанию из методики МГЭИК 2006 г. (МГЭИК, 2006), таблица 10А-9, 5,67 кг/ CH_4 гол. • 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 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.

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 $\pm 10\%$. Для разработанных уточненных значений доли жидкостных систем хранения навоза использовано меньшее значение неопределенности, равное $\pm 8\%$. Для коэффициентов, взятых из данных кадастров других стран Приложения 1 РКИК ООН для оленей, кроликов и пушных зверей, принята точность равная доверительным интервалам соответствующих параметров по умолчанию.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

5.4.4 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 периода 1990-2015 добавлены значения численности популяции буйволов и выполнены соответствующие пересчеты;
- для всех лет периода 1990-2015 была исправлена ошибка в распределении значений коэффициентов перевариваемости (DE,%) по видам кормов для свиней в соответствии с таблицей П.3.1.2;
- в соответствии с рекомендациями экспертов группы по проверке для жидких систем хранения навоза был выполнен пересчет: изменены коэффициенты по умолчанию MCF для «жидких систем с естественной коркой» на коэффициент по умолчанию «жидкие системы без корки» для всех лет периода 1990-2015.

Усовершенствования, выполненные в ответ на рекомендации групп по проверке, приведены в разделе 5.13.

Специфических для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 5.13.

5.5 Выбросы N₂O от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета (3B2)

5.5.1 Прямые выбросы N₂O

5.5.1.1 Характеристика категории

Согласно (МГЭИК, 2006) прямые выбросы N₂O происходят в ходе комбинированной нитрификации-денитрификации содержащегося в навозе азота. Выброс N₂O из навоза во время хранения и обработки зависит от содержания азота и углерода в навозе, а также от продолжительности хранения и типа обработки. Нитрификация (окисление аммонийного азота до нитрата азота) является необходимой предпосылкой для выброса N₂O из хранящегося навоза. Нитрификация может происходить в хранящемся навозе при условии достаточного поступления кислорода. При анаэробных условиях нитрификация не происходит. Нитриты и нитраты трансформируются в N₂O и молекулярный азот (N₂) вовремя естественно происходящего процесса денитрификации, который является анаэробным процессом. Таким образом, выбросы N₂O 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 N₂O до N₂, такие как, низкий pH или ограниченная влажность.

Косвенные выбросы происходят в результате потерь летучего азота, главным образом в форме аммиака и NO_x. Часть выделяемого органического азота, которая минерализуется до аммонийного азота в процессе сбора и хранения навоза, зависит в основном от времени и в меньшей степени от температуры.

Как показали расчеты, прямые выбросы N₂O от систем сбора, хранения и использования навоза и помета в твердом виде и сухой массе в РФ оказывают определяющее влияние на общий прямой выброс закиси азота от категории 3B2, что обусловлено широким применением этих систем в животноводстве и птицеводстве страны. В 2016 году прямые выбросы N₂O от систем хранения в твердом виде составили 17,77 тыс. тонн.

5.5.1.2 Методологические подходы

Оценка выбросов N₂O 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:

$$Nintake = GE / 18.45 \cdot (CP\% / 100) / 6.25, \quad (5.3)$$

где: CP% – содержание сырого протеина в корме, %.

Средние значения CP для разных видов кормов КРС и свиней были определены по справочным данным (Шпакова 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 5.8.

Коэффициенты удержания азота корма в теле животных были взяты по умолчанию из таблицы 10.20 (МГЭИК, 2006). Они равны 0,2, 0,07 и 0,3 (кг удержанного N/гол • год) / (кг потребляемого N/гол • год) для коров, другого поголовья КРС (без коров) и свиней соответственно. Расчет экскретируемого азота (N_{ex}) для этих животных выполнялся по уравнению 5.4:

$$N_{ex} = N_{intake} \cdot (1 - N_{retention}) \quad (5.4)$$

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 «Общесоветским 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 5.9.

Полученные значения экскретируемого азота для коров, другого поголовья КРС (без коров) и свиней несколько выше коэффициентов, рекомендуемых МГЭИК для стран Восточной Европы (МГЭИК, 2006), которые равны соответственно: 61,96 (для массы коров 485 кг); 45,35 (для массы КРС 355 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%).

Таблица 5.8

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%	соотноше- ние кормов в рационе, %	СР%	соотноше- ние кормов в рационе, %	СР%	соотноше- ние кормов в рационе, %
Пастбищные корма	16,12	18,6	16,12	25,1		
Сочные корма	12,32	23,6	12,32	23,0	13,78	4,8
Грубые корма	11,61	28,4	11,61	28,5	13,83	0,1
Концентраты (без комбикормов)	23,57	19,4	23,57	16,7	23,51	16,7
Комбикорма	49,22	9,9	49,22	6,6	31,14	75,8
Животные корма					41,73	2,6
Средневзвешенное значение СР, %	18,65		17,40		29,30	

Таблица 5.9

Экскреция азота сельскохозяйственными животными и птицей в отчетный год, кгN/гол. • год

Категории сельскохозяйственных животных и птицы	Экскреция азота, кг N/год • год
Коровы	130,85
КРС (без коров)	69,99
Буйволы	44,38
Свиньи	20,91
Овцы	12,5
Козы	17,8
Лошади	36,24
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

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 РФ 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 1990г. до 41% в 2004-2005 гг. В 2016г. эта величина составляла 74,2%. Для другого поголовья КРС (без коров) диапазон изменений составлял от 26% (1990г.) до 14% (2010г.), а в 2016 доля систем жидкого хранения равна 13,9%. 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 2011г. ежегодные данные по системам сбора и хранения навоза свиней и КРС (без коров) приводятся в тексте НДК в таблице 5.10.

Таблица 5.10

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
1991	26,07	53,23	20,70	66,04	33,96
1992	25,46	52,54	22,00	63,15	36,85
1993	24,84	53,16	22,00	60,27	39,73
1994	24,23	53,57	22,20	57,39	42,61
1995	23,62	52,78	23,60	54,51	45,49
1996	23,10	52,00	24,90	52,01	47,99
1997	22,57	52,73	24,70	49,51	50,49
1998	22,05	53,35	24,60	47,01	52,99
1999	21,51	51,19	27,30	45,76	54,24
2000	20,96	51,64	27,40	44,52	55,48
2001	20,42	53,28	26,30	43,28	56,72
2002	19,88	53,72	26,40	42,03	57,97
2003	19,29	53,31	27,40	41,76	58,24
2004	18,38	54,02	27,60	40,77	59,23
2005	15,33	57,27	27,40	41,42	58,58
2006	16,03	56,49	27,48	42,90	57,10
2007	16,06	56,11	27,84	43,86	56,14
2008	15,73	56,89	27,37	45,21	54,79
2009	14,44	58,57	26,99	47,68	52,32
2010	14,00	59,32	26,68	51,76	48,24
2011	14,50	57,86	27,64	56,72	43,28
2012	14,19	58,88	26,93	63,15	36,85
2013	14,13	58,63	27,24	67,74	32,26
2014	13,87	61,30	24,83	70,09	29,91
2015	14,12	60,92	24,95	72,51	27,49
2016	13,88	60,99	25,13	74,22	25,78

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 5.11.

Таблица 5.11

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	81,4	18,6
КРС (без коров)	13,9	61,0	25,1
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	74,2	25,8	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, использо-

ванные 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 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 $\pm 10\%$. Для разработанных уточненных значений доли жидкостных систем хранения навоза использовано меньшее значение неопределенности, равное $\pm 8\%$. Для коэффициентов, взятых из данных кадастров других стран Приложения 1 РКИК ООН для оленей, кроликов и пушных зверей, принята точность равная доверительным интервалам соответствующих параметров по умолчанию.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованны.

5.5.1.4 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:

- для всех лет периода 1990-2015 добавлены значения численности популяции буйволов и выполнены соответствующие пересчеты;
- для всех лет периода 1990-2015 была исправлена ошибка в распределении значений содержания сырого протеина в корме коров, другого поголовья КРС и свиней (СР,%) по видам кормов в соответствии с таблицей П.3.1.2;
- в соответствии с рекомендациями экспертов группы по проверке для жидких систем хранения навоза был выполнен пересчет: изменены коэффициенты по умолчанию для «жидких систем с естественной коркой» на коэффициент по умолчанию «жидкие системы без корки» для всех лет периода 1990-2015.

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 2016 году составили 206,87 тыс. тонн азота, а в системах сухого хранения – 740,04 тыс. тонн. Всего косвенный выброс N_2O от систем сбора и хранения навоза и помета оценивается в 2016 году величиной 14,88 тыс. тонн N_2O .

5.5.2.2 Методологические подходы

Для расчета косвенных выбросов N_2O от систем сбора и хранения навоза использованы параметры и коэффициенты, рекомендуемые МГЭИК (МГЭИК, 2006). Оценки выполнены только для улетучивания азота в форме NH_3 и NO_x . Согласно рекомендациям МГЭИК потери при вымывании могут быть оценены только при условии наличия конкретной информации о доле потерь азота из разных систем хранения (МГЭИК, 2006, стр. 10.64), т.е. для оцен-

ки выбросов при вымывании соединений азота необходимо разрабатывать национальные коэффициенты и применять Уровень 2 или 3. Учитывая, что косвенные выбросы N_2O от систем сбора и хранения навоза не относятся к ключевым источникам выбросов в РФ, а национальные коэффициенты не доступны, нами применялся метод Уровня 1 и оценивались только выбросы от улетучивания азота.

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 РФ, применяется подстилка, для птицы были использованы коэффициенты по категории «домашняя птица с подстилкой». Коэффициенты потерей азота с улетучиванием, использованные в кадастре, приведены в таблице 5.12.

Таблица 5.12

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 1 351 214 612,47кг N, а в системах жидкого хранения равно 241 831 364,59кг 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 было 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 5.13.

Таблица 5.13

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 5.14.

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 2016 г., соответствует 55 427 963,45кг 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 5.14

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
песарки (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 песарок (от 1 до 20 недель)	2,5	2,1	140	0,00007	0,02

В 2016 г. общая величина азота в системах хранения навоза и помета для последующего внесения в почвы соответствует величине 1 648 473 940,50кг N (см. табл. 5.15).

Таблица 5.15

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	613 393 646,13	2 572 258 109,21	112 544 011,82	3 298 195 767,16
1995	337 953 082,74	1 828 649 897,33	86 020 775,13	2 252 623 755,19
2000	187 272 971,73	1 158 188 166,86	57 398 228,25	1 402 859 366,84
2005	137 333 080,70	1 100 028 170,87	51 454 039,10	1 288 815 290,67
2007	156 072 755,77	1 110 598 757,71	51 853 236,09	1 318 524 749,58
2008	162 878 977,61	1 155 921 759,62	53 142 542,44	1 371 943 279,67
2009	157 623 053,15	1 158 192 506,96	53 489 537,74	1 369 305 097,85
2010	161 108 977,38	1 143 047 462,55	53 664 579,03	1 357 821 018,96
2011	163 909 392,34	1 109 653 790,24	52 827 546,95	1 326 390 729,52
2012	183 562 568,08	1 148 880 157,68	52 057 051,84	1 384 499 777,60
2013	201 847 499,18	1 163 166 501,06	52 926 088,47	1 417 940 088,71
2014	209 175 453,43	1 180 202 743,46	54 086 104,94	1 443 464 301,83
2015	215 706 730,81	1 201 056 388,36	54 170 124,13	1 470 933 243,30
2016	241 831 364,59	1 351 214 612,47	55 427 963,45	1 648 473 940,50

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

В данной категории в настоящем кадастре выполнены следующие пересчеты:

- для всех лет периода 1990-2015 добавлены значения численности популяции буйволов и выполнены соответствующие пересчеты;
- для всех лет периода 1990-2015 была исправлена ошибка в распределении значений содержания сырого протеина в корме коров, другого поголовья КРС и свиней (СР,%) по видам кормов в соответствии с таблицей П.3.1.2.

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.

5.6 Рисоводство (ЗС)**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 5.16. 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 5.16

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
2007	19,52
2008	19,82
2009	22,31
2010	24,91
2011	25,75
2012	24,67
2013	23,22
2014	24,06
2015	24,88
2016	25,41

5.6.2 Методологические подходы

Информация о посевных площадях риса в хозяйствах всех категорий за период с 1990 по 2014 гг. включительно взята из официальных статистических публикаций Росстата, приведенных на веб-сайте Росстата (Госкомстат России, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2016; интернет-сайт Росстата (<http://www.gks.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 (E_{fc}) 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 (S_{fw}) принят для условий постоянного затопления равным 1 в соответствии с таблицей 5.12 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006).

Учитывая, что согласно условиям возделывания риса в России рисовые чеки затопляют только при появлении у посевов 2-3 листьев, коэффициент масштабирования для расчета выбросов метана по водному режиму до периода культивации риса (S_{fp}) принят для условий незатопленных полей более 180 дней до периода культивации. В соответствии с таблицей 5.13 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006) его величина соответствует 0,68.

Поправочный коэффициент для разных типов почв, разных сортов риса, техники и т.п. ($S_{fc,r}$) в настоящем кадастре не применялся ввиду отсутствия детальной соответствующей статистической информации.

Для расчета поправочного коэффициента при внесении органических добавок (S_{fo}) применяли уравнение 5.3 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006). В России производят запахивание пожнивных остатков риса в почвы, а также применяют навоз (после хранения) в качестве органических добавок. Учитывая, что навоз преимущественно поступает из систем сухого хранения с использованием подстилки, для расчета поправочного коэффициента использованы также данные по умолчанию для компоста из таблицы 5.14 главы 5 тома 4 (МГЭИК, 2006).

Расчет количества пожнивных остатков (в сухом весе) производили по урожайности риса в соответствии с уравнениями 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) S_{FOAi} был принят по таблице 5.14 главы 5 тома 4 как внесение соломы риса задолго до культивации (до 30 дней) и принят равным по умолчанию 0,29 (МГЭИК, 2006).

Дозы внесения органических добавок (подстилочный навоз) определяли в расчете на влажный вес, тонн/га. На основе полученных статистических данных о внесении органических добавок под посевы риса в Краснодарском крае были определены средние дозы внесения органических добавок. Краснодарский край является ведущим производителем риса в России. Так, в 1990 площади рисовых чеков в крае соответствовали более 55% от общей посевной площади риса в России, а в 2016 году эта величина соответствовала 65,6%. 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 соответствовало 0,19 тонн/га.

Как указано выше, для определения конверсионного коэффициента для органических добавок (относительное воздействие по сравнению с внесением соломы сразу перед культивацией) СFOAi 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 1,15.

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 пересчетов категории Рисоводство выполнено не было.

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 сельскохозяйственные земли, включая обрабатываемые торфяные почвы. Прямой выброс N_2O из сельскохозяйственных почв в 2016 г. соответствовал 73,1% 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 органических 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, минерализованного азота, азота навоза, оставленного на пастбищах, а также от культивации органических почв на обрабатываемых землях и кормовых угодьях в течение рассматриваемого периода.

Ведущим источником выброса закиси азота в аграрном секторе России в 1990 г. являлся минерализованный азот (25%), а в 2016 г. ведущее место принадлежит выбросам от осушенных земель пашен и кормовых угодий (34%). При резком снижении объемов вносимых минеральных удобрений и сокращении поголовья сельскохозяйственных животных минерализация растительных (пожнивных и корневых) остатков обуславливает от 13 (в 1990г.) до 18% (в 2016г.) ежегодного поступления антропогенного азота в сельскохозяйственные земли. В 1990г. использование азотных удобрений определило поступление в атмосферу около 91 тыс. тонн N_2O . В 2016 г. эта величина составила 34,2% от уровня 1990г. (31,1 тыс. тонн) и доля минеральных удобрений в прямых выбросах N_2O сократилась от 22 до 14% за период с 1990 по 2016г. Вклад органических удобрений (навоза и помета) в среднем в течение исследуемого периода составляет 11,3%, составляя 12,3% (в 1990г.) и 13,2% (в 2016г.); вклад навоза, оставленного на пастбищах, составляет 8,7% (в 1990г.) и 8,0% (в 2016г.); вклад минерализованного азота изменялся от 25% (в 1990г.) до 12% (в 2016г.), а вклад органических земель увеличился от 19% (в 1990г.) до 34% (в 2016г.) общего прямого выброса N_2O от сельскохозяйственных земель страны соответственно.

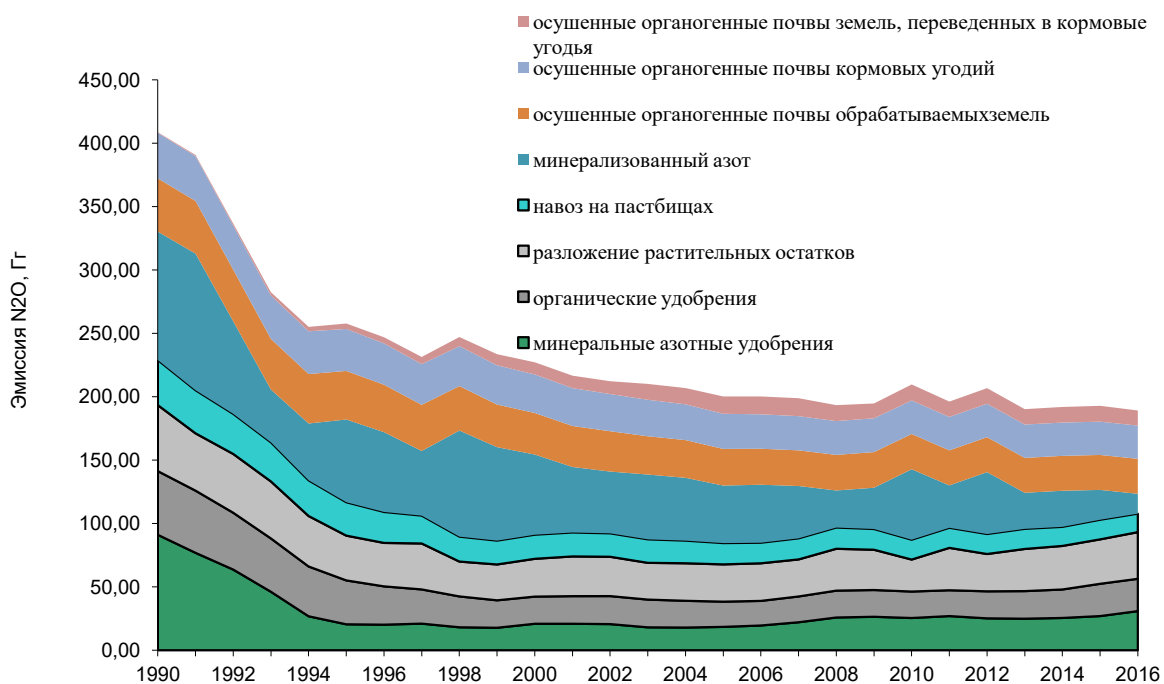


Рисунок 5.5 – Прямой выброс N_2O от сельскохозяйственных земель РФ

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 РФ. 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 63,5%. Величины вносимых минеральных азотных удобрений за 1991 и 1992 гг., в течение которых статистическая отчетность в РСФСР (1991) и РФ (1992) по удобрениям не собиралась, были получены при помощи метода графической интерполяции данных о применении удобрений за известные годы (Романовская, 2000) в соответствии с рекомендациями МГЭИК (МГЭИК, 2006). Количества вносимых минеральных азотных удобрений под рисовые поля для 1990 и 1993-2014 гг. были также взяты из данных национальной статистики Росстата. Данные о внесении минеральных азотных удобрений под рис в 1991 и 1992 гг. были получены методом интерполяции между известными данными за 1990 и 1993 годы.

Ежегодное внесение азотных удобрений на разных типах почв рассчитывалось на основе данных об общем количестве вносимых азотных удобрений в стране и соотношения основных типов почв в структуре пахотных земель России. Так, доля черноземов в общей площади сельскохозяйственных почв в стране составляет 64,1%, доля дерново-подзолистых почв – 14,7% и на остальные типы почв приходится 21,2% (РАСХН, 1995; Минсельхоз РСФСР и др., 1980).

В соответствии со сноской 11 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006) количества вносимых минеральных азотных удобрений (F_{SN}) и вносимых органических азотных удобрений (F_{ON}) не корректируются с учетом количеств NH_3 и NO_x , улетучивающихся после внесения удобрений в почву.

Расчет прямого выброса 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 2016 года приведены в таблице 5.17.

Таблица 5.17

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	926,38	212,45	306,21	17,92
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	11,67	5,06	3,06	0,05

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 обуславливать 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 удобрений 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 2016 г. прямые выбросы N_2O от внесения органических удобрений в обрабатываемые почвы, включая внесение под рис, соответствовали величине 16,21 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 $0,02 \text{ кг } N_2O - N/\text{кг } N$; для овец и остальных видов пастбищных животных – $0,01 \text{ кг } N_2O - N/\text{кг } N$ (МГЭИК, 2006).

В 2016 году выброс N_2O от навоза и помета, оставленных на пастбищах и огороженных выпасах составил 9,29 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 Российской Федерации.

Во-вторых, данная методика учитывает летнее поступление отмирающей биомассы растений, которое по некоторым оценкам составляет от 60 до 80% общего количества не утилизируемой мортмассы (Чупрова, 1997). Ниже представлен общий вид уравнений, используемых в расчетах:

$$Ab \text{ или } Un = \sum_i ((a_i Y_i + b_i) \cdot N_i) \cdot S_i, \quad (5.6)$$

где: Ab – масса азота, поступающего в почву при разложении поверхностных (Un – корневых) остатков культурных растений определенного вида i (кг N);

Y_i – урожайность основной продукции данной культуры (ц сух. в-ва/га);

a_i и b_i – соответствующие коэффициенты для расчета массы поверхностных (корневых) остатков данной сельскохозяйственной культуры при определенном уровне урожайности (Левин, 1983);

N_i – содержание азота в поверхностных (корневых) остатках данной культуры (кг $N/\text{кг}$ 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 5.18. Точность расчетов по этим данным составляет $\pm 10\%$.

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 ка-

дастре урожайность растений рассчитана как частное от деления величины валового сбора на посевную площадь культуры.

Таблица 5.18

Уравнения для расчета количества азота, поступающего в почвы
с растительными остатками

Культура	Урожайность, ц/га	Азот, поступающий с	
		поверхностными остат- ками (Ab)	корнями (Un)
озимая рожь	10-25 26-40	$= (0,3 \cdot Y + 3,2) \cdot 0,45/100$ $= (0,2 \cdot Y + 6,3) \cdot 0,45/100$	$= (0,6 \cdot Y + 8,9) \cdot 0,75/100$ $= (0,6 \cdot Y + 13,9) \cdot 0,75/100$
озимая пшеница	10-25 26-40	$= (0,4 \cdot Y + 2,6) \cdot 0,45/100$ $= (0,1 \cdot Y + 8,9) \cdot 0,45/100$	$= (0,9 \cdot Y + 5,8) \cdot 0,75/100$ $= (0,7 \cdot Y + 10) \cdot 0,75/100$
яровая пшеница	10-20 21-30	$= (0,4 \cdot Y + 1,8) \cdot 0,65/100$ $= (0,2 \cdot Y + 5,4) \cdot 0,65/100$	$= (0,7 \cdot Y + 10,2) \cdot 0,8/100$ $= (0,8 \cdot Y + 6) \cdot 0,8/100$
ячмень	10-20 21-35	$= (0,4 \cdot Y + 1,8) \cdot 0,5/100$ $= (0,09 \cdot Y + 7,6) \cdot 0,5/100$	$= (0,8 \cdot Y + 6,5) \cdot 1,2/100$ $= (0,4 \cdot Y + 13,45) \cdot 1,2/100$
овес	10-20 21-35	$= (0,3 \cdot Y + 3,2) \cdot 0,6/100$ $= (0,15 \cdot Y + 6,12) \cdot 0,6/100$	$= (1 \cdot Y + 2) \cdot 0,75/100$ $= (0,4 \cdot Y + 16) \cdot 0,75/100$
просо	5-20 21-30	$= (0,2 \cdot Y + 5) \cdot 0,5/100$ $= (0,3 \cdot Y + 3,3) \cdot 0,5/100$	$= (0,8 \cdot Y + 7) \cdot 0,75/100$ $= (0,56 \cdot Y + 11,2) \cdot 0,75/100$
кукуруза на зерно	10-35	$= (0,23 \cdot Y + 3,5) \cdot 0,75/100$	$= (0,8 \cdot Y + 5,8) \cdot 1/100$
горох	5-20 21-30	$= (0,14 \cdot Y + 3,5) \cdot 1,25/100$ $= (0,2 \cdot Y + 1,7) \cdot 1,25/100$	$= (0,66 \cdot Y + 7,5) \cdot 1,7/100$ $= (0,37 \cdot Y + 12,9) \cdot 1,7/100$
гречиха	5-15 16-30	$= (0,25 \cdot Y + 4,3) \cdot 0,8/100$ $= (0,2 \cdot Y + 5,2) \cdot 0,8/100$	$= (1,1 \cdot Y + 5,3) \cdot 0,85/100$ $= (0,54 \cdot Y + 14,1) \cdot 0,85/100$
подсолнечник	8-30	$= (0,4 \cdot Y + 3,1) \cdot 1,4/100$	$= (1 \cdot Y + 6,6) \cdot 1,2/100$
картофель	50-200 201-350	$= (0,04 \cdot Y + 1) \cdot 1,8/100$ $= (0,03 \cdot Y + 4,1) \cdot 1,8/100$	$= (0,08 \cdot Y + 4) \cdot 1,2/100$ $= (0,06 \cdot Y + 8,6) \cdot 1,2/100$
сахарная свекла	100-200 201-400	$= (0,003 \cdot Y + 2,5) \cdot 1,4/100$ $= (0,02 \cdot Y + 0,8) \cdot 1,4/100$	$= (0,06 \cdot Y + 5,45) \cdot 1,2/100$ $= (0,07 \cdot Y + 3,5) \cdot 1,2/100$
овощи	50-200 201-400	$= (0,02 \cdot Y + 1,5) \cdot 0,35/100$ $= (0,006 \cdot Y + 3,6) \cdot 0,35/100$	$= (0,06 \cdot Y + 5) \cdot 1/100$ $= (0,04 \cdot Y + 6) \cdot 1/100$
кормовые корнепло- ды	50-200 201-400	$= (0,003 \cdot Y + 2,4) \cdot 1,3/100$ $= (0,01 \cdot Y + 1) \cdot 1,3/100$	$= (0,05 \cdot Y + 5,2) \cdot 1/100$ $= (0,05 \cdot Y + 5,5) \cdot 1/100$
лен	3-10	$= (1,3 \cdot Y + 9,4) \cdot 0,8/100$	
конопля	3-10	$= (2,2 \cdot Y + 9,1) \cdot 0,5/100$	
силосные	100-200	$= (0,03 \cdot Y + 3,6) \cdot 0,8/100$	$= (0,12 \cdot Y + 8,7) \cdot 1,2/100$
кукуруза на силос	100-200 201-350	$= (0,03 \cdot Y + 3,6) \cdot 0,8/100$ $= (0,02 \cdot Y + 5) \cdot 0,8/100$	$= (0,12 \cdot Y + 8,7) \cdot 1,2/100$ $= (0,08 \cdot Y + 16,2) \cdot 1,2/100$
однолетние травы	10-40	$= (0,13 \cdot Y + 6) \cdot 1,1/100$	$= (0,7 \cdot Y + 7,5) \cdot 1,2/100$
многолетние травы	10-35 36-60	$= (0,2 \cdot Y + 6) \cdot 1,9/100$ $= (0,1 \cdot Y + 10) \cdot 1,9/100$	$= (0,8 \cdot Y + 11) \cdot 2,1/100$ $= (1 \cdot Y + 15) \cdot 2,1/100$

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, 1995b, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2005-2016; интернет-сайт Росстата (<http://www.gks.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 $0,003 \text{ кг N}_2\text{O-N/kg N}$ (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 всех лет временного ряда, 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 6.4.2.1 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 5.19.

Таблица 5.19

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	64458,82	139,89	6445,88	13,99	101,36
1995	41524,77	58,79	4152,48	5,88	65,28
2000	40210,17	68,07	4021,02	6,81	63,22
2005	28866,53	45,55	2886,65	4,55	45,38
2007	26254,49	47,89	2625,45	4,79	41,28
2008	18601,08	33,49	1860,11	3,35	29,25
2009	20985,38	41,63	2098,54	4,17	33,00
2010	35358,54	79,66	3535,85	7,97	55,60
2011	21262,94	49,30	2126,29	4,93	33,44
2012	31045,16	68,93	3104,52	6,89	48,82
2013	19887,10	41,58	1988,71	4,16	31,27
2014	18103,30	38,99	1810,33	4,00	28,47
2015	15469,70	34,14	1546,97	3,41	24,33
2016	9 959,80	22,38	995,98	2,24	15,66

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 2006-2014 ежегодная доля органогенных почв культивируемых земель рассчитана по статистическим данным площадей осушенных земель пашен и многолетних насаждений (Росреестр, 2007-2012, 2016) и составляет 2,7-2,9%.

Методология расчета соответствует Уровню 1 и выполняется по уравнению 2.7 (Wetland supplement, 2014).

Применен национальный коэффициент выброса закиси азота 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 ис-

пользуются, 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 5.20.

Таблица 5.20

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	3813807	2,88	41,95
1995	3480864	2,88	38,29
2000	2979921	2,88	32,78
2005	2630247	2,88	28,93
2007	2556700	2,87	28,12
2008	2552800	2,80	28,08
2009	2555200	2,77	28,11
2010	2528800	2,80	27,82
2011	2513100	2,75	27,64
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

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.П «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 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 2,48% (2016г.). Уточнение площадей органогенных почв выполнено в соответствии с рекомендациями группы экспертов по проверке Национального кадастра РФ 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 5.21.

Таблица 5.21

*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
2007	1806,8	2,58	26,97
2008	1787,0	2,54	26,68
2009	1787,0	2,55	26,68
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

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.C, раздел 4(II).

Площади органических почв на этих землях рассчитаны на основе ежегодных долей органогенных почв в общей площади культивируемых земель (%), приведенных в таблице 5.20 выше, и общих площадей переведенных земель.

Коэффициент выброса N_2O соответствует коэффициенту по умолчанию для луговых угодий бореальной зоны (9,5 кг $N-N_2O$ /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 5.22.

Таблица 5.22

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
2007	949,2	2,87	14,17
2008	841,6	2,80	12,56
2009	782,9	2,77	11,69
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

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 $\pm 50\%$. Для последних лет с 2006 года и далее эта величина

составляет около $\pm 30\%$. Точность национального коэффициента выброса N_2O при культивации органогенных почв (Павлик, 2012) имеет неопределенность $\pm 28,5\%$, что значительно меньше неопределенности коэффициента по умолчанию ($-88/+900\%$) (Wetland supplement, 2014).

Как указано выше, в результате уточнения площадей используемых органогенных почв их неопределенность сократилась от 50% до 30%. Применение национального коэффициента выброса 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 удобрений в 2016 г. составляло 20,821млн. тонн действующего вещества, а экспорт – 10,728216 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».

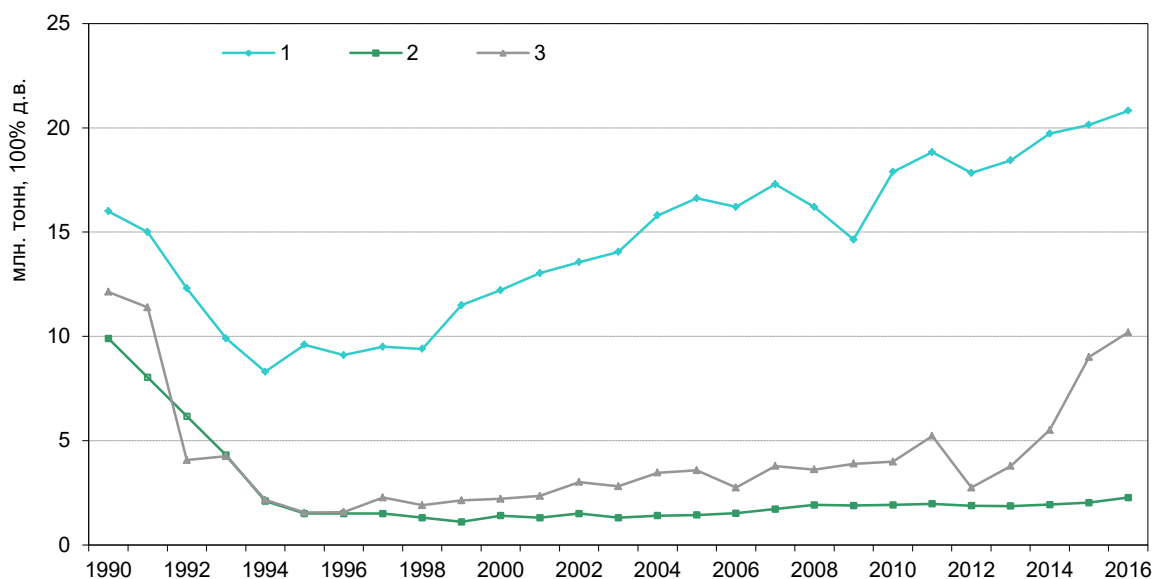


Рисунок 5.6 – Производство, внесение и продажи минеральных удобрений на внутреннем рынке РФ, где 1 – производство удобрений; 2 – внесение удобрений под посевы; 3 – величина «Bal» (отражает продажи удобрений на внутреннем рынке РФ)

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 1997г., общие внутренние продажи значительно превышают количество внесенных удобрений (тренды 2 и 3). Это может объясняться высокими ценами на минеральные удобрения и низкую покупательную способность сельскохозяйственных производителей в России. Поэтому примерно половина объема внутренних продаж поступает к промышленным потребителям для химического производства (например, производство KOH , KClO_3 , KClO_4 , KNO_3 из KCl ; производство взрывчатых веществ из нитрата аммония, производство пластиковых масс и синтетических материалов на основе мочевины и меламины). Одним из наиболее интенсивных путей использования продуктов синтеза минеральных удобрений является применение карбамида $((\text{NH}_2)_2\text{CO})$ для производства различных видов смол (карбамидоформальдегидная смола КФМТ-15) и клеев. Кроме того, карбамид входит в состав пищевой добавки E927b, используемой 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 5.23. Данные таблицы 5.23 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 5.23

Использование продуктов синтеза минеральных удобрений в качестве промышленного сырья¹⁾

Годы	Производство, тонн		
	Карбамидные смолы (в пересчете на содержание сухого вещества)	Карбамидно- фурановые смолы	Пластические массы и синтети- ческие 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
2009	507845	8460	1320
	Смолы аминокрбамальдегид- ные (карбамидокрбамальде- гидные, тиокрбамидокрба- мальдегидные и меламина- формальдегидные) в первич- ных формах	Смолы карбамид- нофурановые в виде прессовочных масс	Смолы карбамидокрбамальде- гидные 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	1266351	1082	1087466

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), внесены соответствующие изменения в наименование показателей.

Также в ходе углубленного рассмотрения Национального кадастра парниковых газов РФ в 2010-2012 гг. обсуждению подверглись данные по минеральным удобрениям, приведенные на сайте Международной ассоциации по производству удобрений. По-видимому, данные этой ассоциации соответствуют данным по общим продажам минеральных удобрений на внутреннем рынке России, поэтому превышают значения по внесению удобрений в почвы, использованные в кадастре. Таблица 5.24 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 некоторые годы внесение превышало годовые продажи удобрений сельскому хозяйству, а в некоторые годы было несколько ниже этой величины. Это подтверждает наличие запасов удобрений и их хранение в сельхозорганизациях.

Таблица 5.24

Продажи минеральных удобрений на внутреннем рынке, сельхозорганизациям и внесение удобрений в пахотные почвы, млн.т. действ. в-ва

Годы	Продажа на внутреннем рынке по расчету на основе балансового метода (данные Росстата) (млн. т.)	Продажа минеральных удобрений сельхозорганизациям, млн.т. действ. в-ва	Внесение минеральных удобрений в пахотные почвы ¹⁾
1985	н/д	12,67	9,8
1990	н/д	11,05	9,9
1995	н/д	1,60	1,5
2000	2,28	2,28	1,4
2005	3,55	1,55	1,4
2006	2,79	1,60	1,5
2007	3,64	1,78	1,7
2008	3,61	2,01	1,9
2009	3,89	1,50	1,9
2010	5,09	1,83	1,9
2011	6,57	2,30 ²⁾	2,0
2012	3,94	2,67 ²⁾	1,9
2013	5,30	н/д	1,8
2014	5,51	н/д	1,9
2015	4,74	н/д	2,0
2016	5,29	н/д	2,3

¹⁾ Внесение минеральных удобрений под посевы в сельскохозяйственных организациях

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 5.25. 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 данными. Для лет 1999 и 2001 ФАО не указало, что величины вносимых азотных удобрений получены расчетным путем, однако, учитывая большую разницу с официальными статистическими данными Росстата, эти значения также являются оценочными. В национальном кадастре РФ для расчетов использованы только официальные статистические данные (за исключением 1991 и 1992 гг., в течение которых статистика по удобрениям не разрабатывалась).

На момент подготовки настоящего кадастра данные ФАО за 2016 г. еще не были доступны (н/д).

Таблица 5.25

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	—	
1991	3589,7	—	
1992	2974,4	2622,0*	11,8
1993	2177,0	2051,0*	5,8
1994	1253,0	900,0*	28,2
1995	959,9	1000,0*	-4,2
1996	941,4	984,0*	-4,5
1997	977,2	950,0*	2,8
1998	848,4	831,0*	2,1
1999	832,7	959,0	-15,2
2000	979,4	960,0	2,0
2001	905,3	1090,5	-20,5
2002	965,3	950,0*	1,6
2003	846,3	846,3	0,0
2004	838,3	838,3	0,0
2005	863,2	863,2	0,0
2006	914,7	914,7	0,0
2007	1043,8	1043,8	0,0
2008	1209,8	1209,8	0,0
2009	1236,8	1236,8	0,0
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	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 и ферм 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 культуры (и на территории только 2-3х регионов страны) (см. таблицу 5.26). Таким образом, дозы удобрений, использованных под зерновые, имеют растущую тенденцию и могут в определенной степени объяснять увеличение их урожайности.

Таблица 5.26

Внесение минеральных удобрений под зерновые культуры

Годы	Внесение азотных минеральных удобрений под зерновые культуры (без кукурузы), тыс. тонн азота	Дозы минеральных удобрений, вносимых под зерновые (без кукурузы), кг действ. в-ва/га	Процент удобренной площади под зерновыми по отношению к общей площади зерновых
1995	467,46	16,3	27,9
1996	486,12	16,7	27,8
1997	558,19	19,2	31,5
1998	489,08	16,8	28,4
1999	462,54	15,8	27,8
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
2009	843,38	39,7	51,8
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

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 – 2016 гг. выбросы вновь выросли в соответствии с ростом площадей и урожайности.

С 1990 по 2016 гг. площади пахотных земель, используемых землепользователями, занимающимися сельхозпроизводством в стране, сократились на 11,4%, в то время как посевные площади сократились на 32,0%. Расчетный выброс N_2O по национальной методике упал за этот период на 29,3%, 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 растёт (Romanovskaya et al., 2004). Именно этот аспект объясняет значительные различия в оценках, выполненных по национальной методике и Уровню 2 методики МГЭИК 2006г. 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).

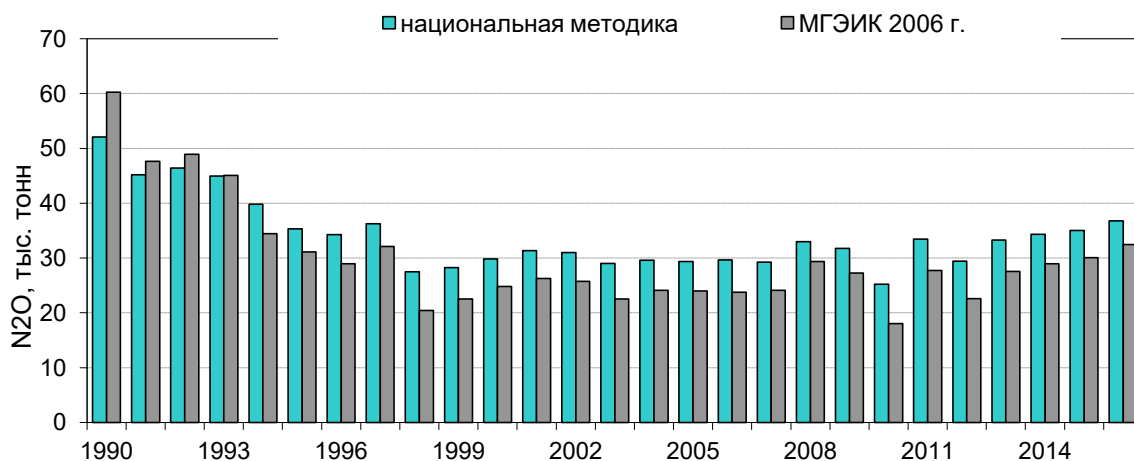


Рисунок 5.7 – Сравнение оценок выброса N_2O от азота растительных остатков по Уровню 2 методики МГЭИК 2006 года и по национальной методологии

Следует также отметить, что метод, рекомендуемый МГЭИК (2006 г.), имеет ряд обобщений в целях упрощения расчетов. Так в методике 2006г. 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:

1. Пересчет количества внесенных органических удобрений и навоза, оставленного на пастбищах, обусловлены:
 - а. для всех лет периода 1990 – 2015 были добавлены данные о численности буйволов;
 - б. исправлены ошибки в распределении коэффициентов перевариваемости по видам кормов у свиней и содержания сырого протеина по видам кормов для коров, другого поголовья КРС и свиней.
2. Пересчет количества минерализованного азота для 2015 года выполнен вследствие уточнения оценок баланса углерода в почвах пахотных земель (см. категорию 4В главы 6) (уточнение коэффициентов смыва органического вещества).

Все указанные пересчеты 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 – NO_x и NH_3).

Полученные величины косвенного выброса закиси азота в отчетном году составляют 8,01 тыс. тонн N_2O от атмосферных выпадений и 24,55 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 NO_x 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 NO_x 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 NO_x ($Frac_{GASF}$) 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 NO_x ($Frac_{GASM}$) также принята по умолчанию равной 0,2 кг улетучившегося N /кг внесенного или оставленного N (таблица 11.3) (МГЭИК, 2006). Среднее значение коэффициента выброса N_2O , образующегося в результате атмосферных выпадений антропогенных азотных соединений, взят из Руководящих принципов МГЭИК 2006г. – 0,01 кг N- N_2O /кг N эмиссий NH_3 и NO_x (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 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.

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).

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 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 сельскохозяйствен-

ной 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 РФ (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 Федерального закона «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 Федерального закона 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 Российской Федерации.

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 Федерального закона 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», утвержденным 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 иски о возмещении ущерба 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 CO₂ 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 2016г. известкование почв привело к выбросу CO₂ в объеме 608,69 тыс. тонн CO₂.

В 2016г. внесение в почвы мочевины привело к выбросу CO₂ в объеме 1592,34тыс. тонн CO₂.

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 CO₂ в год внесения, хотя в действительности это может длиться в течение нескольких лет. Ежегодные объемы внесения известняка и доломита на сельскохозяйственных землях взяты из отчетов и справочников Росстата (Госкомстат России, 1995, 2000, 2002; Росстат, 2005-2016; интернет-сайт Росстата www.gks.ru). Согласно статистическим данным, подавляющее большинство из вносимых известковых материалов составляют известняковая и доломитовая мука.

Коэффициенты по умолчанию по выбросам CO₂ составляют 0,12 для известняка и 0,13 для доломитовой муки (МГЭИК, 2006). Полученные уточненные данные (Шильников и др., 2006) показывают, что в известковых материалах содержится в среднем около 30% примесей и влаги. Поэтому предварительно 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 CO₂ при внесении *мочевины* в обрабатываемые почвы.

Ежегодная статистическая информация по внесению отдельных видов удобрений в почвы, в том числе, мочевины в стране не собирается. В соответствии с рекомендациями МГЭИК для получения примерной оценки ежегодного количества вносимой в почву мочевины могут использоваться данные производства мочевины внутри страны и ее импорта/экспорта. Для уточнения расчета могут использоваться дополнительные допущения по

использованию мочевины в 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 CO₂ 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 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 данных по объемам внесения известковых материалов находится в пределах $\pm 10\%$, учитывая доли примесей, которые включены в данные официальной статистики. Для коэффициента выброса по умолчанию от внесенных в почвы известково-содержащих карбонатов указана ошибка, равная -50% (МГЭИК, 2006). Совокупная неопределенность расчета выброса от данной категории в соответствии с уровнем 1 МГЭИК составляет $\pm 14,14\%$. Неопределенность коэффициента выбросов при внесении мочевины составляет -50% (МГЭИК, 2006).

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованны.

5.10.4 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

В настоящем кадастре пересчетов в данной категории не выполнялось.

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 5.26 и 5.27.

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 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. 5.27 и 5.28).

Таблица 5.27

Оценка неопределенности инвентаризации выбросов парниковых газов
в сельском хозяйстве России в 1990 г.

Категория источника	Выброс парниковых газов, CO ₂ -экв., тыс. тонн	Стандартное отклонение	
		%	CO ₂ -экв., тыс. тонн
3А Внутренняя ферментация коровы и другое поголовье КРС	109869,45	1,82	1999,62
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
3В1 Системы сбора и хранения навоза и помета, выбросы CH ₄			
коровы, другое поголовье КРС, свиньи	13609,17	20,6	2805,60
остальные животные и птица	6944,82	30,4	311,82
3В2 Системы сбора и хранения навоза и помета, прямые выбросы N ₂ O			
жидкие системы			
другое поголовье КРС	1552,97	91,9	1426,69
свиньи	1307,91	91,3	1193,87
нутрии	0,79	90,5	0,71
хранение в сухом виде			
другое поголовье КРС	3171,45	91,9	2913,57
коровы	4532,38	92,0	4169,85
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
3В2 Системы сбора и хранения навоза и помета, косвенные выбросы N ₂ O			
жидкие системы			
другое поголовье КРС	1242,37	248,6	3089,03
свиньи	1255,59	250,2	3141,23
нутрии	0,39	248,5	0,98
хранение в сухом виде			
другое поголовье КРС	2854,30	248,6	7096,94
коровы	2719,43	250,9	6822,46
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
3С Рисоводство	855,73	69,01	590,58
3D1 Прямые выбросы N ₂ O от почв			
3D1.1 Минеральные удобрения	27136,89	81,4	22101,44
3D1.2 Органические удобрения	16975,17	136,8	23219,52
3D1.3 Навоз на пастбищах	10584,04	91,0	9630,40
3D1.4 Растительные остатки	15515,65	135,0	20945,14
3D1.5 Азот при минерализации почвенного орг. в-ва	30204,80	141,2	42655,90
3D1.6 Обработка органогенных почв	23346,60	41,4	9660,67
3D2 Косвенный выброс N ₂ O			
3D2.1 Атмосферные выпадения	6598,30	169,2	11166,19
3D2.2 Вымывание соединений азота	19960,78	60,0	11969,54

Продолжение таблицы 5.27

Категория источника	Выброс парниковых газов, CO ₂ -экв., тыс. тонн	Стандартное отклонение	
		%	CO ₂ -экв., тыс. тонн
3G Известкование	10074,17	50,7	5111,09
3H Внесение мочевины	990,00	51,0	504,80
Всего	324475,93	20,04	62579,47

Таблица 5.28

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	41983,50	1,83	776,52
свиньи	695,79	22,33	155,38
овцы, козы, верблюды, лошади, мулы, ослы, северные олени	6595,63	40,3	2658,78
кролики, пушные звери	57,68	50,2	28,98
3B1 Системы сбора и хранения навоза и помета, выбросы CH ₄			
коровы, другое поголовье КРС, свиньи	5231,64	20,6	1078,53
остальные животные и птица	544,09	30,4	165,48
3B2 Системы сбора и хранения навоза и помета, прямые выбросы N ₂ O			
жидкие системы			
другое поголовье КРС	248,90	91,9	228,67
свиньи	801,71	91,9	736,92
нутрии	0,003	0,003	0,0023
хранение в сухом виде			
другое поголовье КРС	1093,75	91,9	1004,85
коровы	2108,32	92,0	1939,80
птица	945,29	80,0	755,86
свиньи	278,45	278,45	255,95
северные олени	26,02	91,8	23,88
остальные животные	844,81	90,5	764,96
3B2 Системы сбора и хранения навоза и помета, косвенные выбросы N ₂ O			
жидкие системы			
другое поголовье КРС	199,12	248,6	495,10
свиньи	769,64	250,4	1926,97
нутрии	0,001	248,5	0,003
хранение в сухом виде			
другое поголовье КРС	984,37	248,6	2447,56
коровы	1264,99	250,9	3173,75
буйволы	0,29	252,8	0,73
птица	756,23	249,5	1887,17
свиньи	250,61	253,4	609,15
северные олени	6,25	253,6	15,84
остальные животные	202,64	253,1	512,96

Продолжение таблицы 5.28

Категория источника	Выброс парниковых газов, CO ₂ -экв., тыс. тонн	Стандартное отклонение	
		%	CO ₂ -экв., тыс. тонн
3С Рисоводство	635,25	70,36	446,97
3D1 Прямые выбросы N ₂ O от почв			
3D1.1 Минеральные удобрения	9267,94	81,2	7526,95
3D1.2 Органические удобрения	7592,34	138,0	10480,02
3D1.3 Навоз на пастбищах	4350,86	87,3	3799,39
3D1.4 Растительные остатки	11025,11	135,0	14881,63
3D1.5 Азот при минерализации почвенного орг. в-ва	4667,18	141,2	6591,09
3D1.6 Обработка органогенных почв	19588,83	41,4	8105,73
3D2 Косвенный выброс N ₂ O			
3D2.1 Атмосферные выпадения	2691,03	174,5	4696,69
3D2.2 Вымывание соединений азота	7316,82	65,4	4788,81
3G Известкование	608,69	50,7	308,81
3H Внесение мочевины	1592,34	51,0	811,94
Всего:	134175,62	18,86	25304,11

В таблицах 5.27 и 5.28 для величины суммарных выбросов от сельского хозяйства приведен 95% доверительный интервал, который составляет для 1990 г. 62579 тыс. тонн CO₂-экв. или 20,04% и для 2016 г. 25304 тыс. тонн CO₂-экв. или 18,86%. Таким образом, можно заключить, что неопределенность полученных оценок по инвентаризации выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве в 2016 году составляет 19%.

Эта величина хорошо согласуется с оценкой общей неопределенности в секторе сельского хозяйства, приведенной в предыдущем кадастре, которая также соответствовала 19%.

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 1990-2015 гг.:

- для всех лет периода 1990 – 2015 были добавлены данные о численности буйволов;

- для систем жидкого хранения навоза коэффициент MCF% и коэффициент выброса N₂O были заменены на коэффициенты по умолчанию для системы «без естественной корки»;
- скорректированы значения коэффициента перевариваемости комбикормов DE% для свиней;
- скорректированы средние значения сырого протеина в сухом веществе корма CP% для свиней и коров;
- пересчет количества минерализованного азота для 2015 года выполнен вследствие уточнения оценок баланса углерода в почвах пахотных земель (уточнение коэффициентов смыва органического вещества).

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 CO₂ при известковании внесения мочевины в почвы.

Выполненные пересчеты привели к следующим изменениям оценок выбросов по сравнению с кадастром предыдущего года:

- выбросы CH₄ от внутренней ферментации в 2015 г. уменьшились на 0,34 тыс. тонн CH₄ – на 0,02%, в 1990 г. увеличились на 0,03%;
- выбросы CH₄ в системах сбора и хранения навоза и помета в 2015 г. увеличились на 22,9 %, в 1990 г. увеличились на 26,0%;
- выбросы N₂O от систем хранения навоза в 2015 г. увеличились на 10,6%, в 1990 г. увеличились на 12,6%;
- прямой выброс N₂O при внесении органических удобрений в сельскохозяйственные почвы в 2015 г. увеличился на 10,8%, в 1990 г. увеличился на 11,8%;
- прямой выброс N₂O от азота навоза и помета, оставленных на пастбищах, в 2015 г. увеличился на 17,2 %;
- прямой выброс N₂O от растительных остатков в 2015 г. увеличился на 0,1%;
- прямой выброс N₂O при минерализации почвенного органического вещества на пахотных угодьях в 2015 г. увеличился на 0,07 %;
- косвенный выброс N₂O от сельскохозяйственных земель в 2015 г. увеличился на 2,93%, в 1990 г. увеличился на 4,65%.
- в целом выбросы в секторе сельского хозяйства в 2015 г. увеличились на 3,06%, в 1990 г. увеличились на 3,65%.

В ответ на рекомендации группы экспертов по углубленной проверке Национального кадастра выбросов парниковых газов РФ в 2017г. в настоящем кадастре выполнены следующие улучшения:

- добавлены данные о численности буйволов для всех лет периода 1990 – 2016 гг – см. раздел 5.3.2;
- для систем жидкого хранения навоза коэффициент MCF% и коэффициент выброса N₂O были заменены на коэффициенты по умолчанию для системы «без естественной корки» - см. раздел 5.4;
- скорректированы значения коэффициента перевариваемости DE% по видам кормов для свиней – см. раздел 5.3;
- скорректированы средние значения сырого протеина в сухом веществе корма CP% для свиней и коров – см. раздел 5.4;
- улучшена прозрачность и добавлены пояснения в тексте по источникам данных для:
 - содержания азота в подстилке – см. раздел 5.2.2.2;
 - средней массы свиней и коэффициента выброса метана, использованные в расчетах для определения коэффициентов пушных зверей – см. раздел 5.3.2;
 - продолжительности культивации разных сортов риса – см. раздел 5.6.2.

Также рекомендация 2016 года экспертов по рассмотрению кадастра относилась к включению в НДК таблицы с количеством годового времени, проведенного разными категориями животных в стойлах. Однако, учитывая, что это время полностью совпадает с долей сухого

хранения навоза в течение года, данные по которой для каждой категории приведены в таблице ОФД 3(В)а, данная таблица в НДК включена не была.

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;

проведение анализа и выполнение рекомендаций группы экспертов по рассмотрению Национального кадастра выбросов парниковых газов РФ.

6. ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ, ИЗМЕНЕНИЯ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО (СЕКТОР 4 ОФД)

6.1 Обзор по сектору

В разделе приведены исходные данные и результаты расчетов выбросов и стока парниковых газов в результате антропогенной деятельности при землепользовании, изменении землепользования и в лесном хозяйстве (ЗИЗЛХ) за полный ряд лет, охватываемый кадастром. Согласно Решению Девятнадцатой Конференции Сторон РКИК (24/СР.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 выброса 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. В 2016 г. выброс CO_2 от пахотных земель составил 86,4 млн. т, что на 72,3% меньше уровня 1990 г. в связи с сокращением площади пахотных угодий. Относительно небольшой вклад в выбросы парниковых газов вносят постоянные сенокосы и пастбища (органогенные почвы), перевод пахотных земель в поселения и прочие земли, известкование, 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 . Неттопоглощение CO_2 управляемыми лесами увеличилось с 355,4 млн т CO_2 в 1990 г. до 770,4 млн т CO_2 в 2016 г.

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 «Землепользование и изменения в землепользовании и лесное хозяйство» за период с 1990 по 2016 гг. 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

Газ	Выбросы (+) / поглощение (-) по категориям, тыс. т CO ₂ -экв. год ⁻¹													
	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
4.A Лесные земли														
CO ₂	-240 803,7	-367 199,4	-607 187,6	-622 635,8	-647 483,0	-689 480,3	-773 276,6	-769 521,1	-735 296,7	-745 517,4	-718 783,0	-712 109,8	-704 182,3	-691 031,7
CH ₄	12 699,5	10 804,9	12 624,6	15 285,2	17 473,5	18 569,6	18 695,5	15 930,5	16 005,8	15 869,6	14 284,3	15 924,9	15 885,3	16 874,4
N ₂ O	9 861,4	8 594,4	9 681,1	11 340,4	12 758,7	13 481,9	13 572,7	11 628,0	11 792,5	11 703,5	10 664,3	11 741,4	11 711,9	12 338,7
4.B Возделываемые земли														
CO ₂	312 252	220 156	211 506	166 231	150 194	119 659	129 116	183 569	128 974	166 221	124 007	116 245	105 758	86 391
CH ₄	5 554	5 069	4 340	3 830	3 723	3 718	3 721	3 683	3 660	3 651	3 643	3 644	3 652	3 651
4.C Сенокосы и пастбища														
CO ₂	32 402	-44 637	-83 675	-119 619	-112 289	-94 254	-82 973	-87 914	-89 662	-80 294	-65 869	-129 798	-59 039	-78 088
CH ₄	2 834	2 793	3 290	3 195	3 342	3 135	3 080	3 112	2 989	2 981	2 948	2 951	2 959	2 046
N ₂ O	190	64	400	188	366	291	301	280	192	170	152	145	138	142
4.D Водно-болотные угодья														
CO ₂	3 409	3 333	2 817	2 451	2 382	2 380	2 345	2 261	2 224	2 187	2 152	2 599	2 076	2 039
CH ₄	45	48	43	40	40	40	39	39	39	39	39	38	38	38
N ₂ O	261	256	217	186	183	180	177	176	173	173	200	367	364	364
4.E Поселения														
CO ₂	16 782	21 385	18 283	15 700	15 835	16 915	28 828	-375	3 410	1 924	-2 286	4 266	-21 260	-45
N ₂ O	420	2 599	2 512	2 422	2 416	2 427	5 134	147	118	107	109	103	87	91
4.F Прочие земли														
CO ₂	0	18 650	18 650	18 650	18 650	18 650	18 650	269	38	368	10 952	24 065	29 787	4 432
N ₂ O	0	2 382	2 382	2 382	2 382	2 382	3 146	8	8	18	618	842	3 029	844
4.G Заготовленные лесоматериалы														
CO ₂	2 807	-4 297	2 063	3 551	5 608	3 140	5 210	7 157	6 838	5 497	6 284	6 988	5 928	5 440
Непрямые выбросы от управляемых почв														
N ₂ O	95	585	565	545	543	546	1 155	33	27	24	25	23	20	21
Всего по сектору														
CO ₂	126 848,6	-152 609,3	-437 543,8	-535 672,0	-567 101,8	-622 989,4	-672 100,2	-664 554,5	-683 474,7	-649 614,2	-643 541,9	-687 745,1	-640 931,8	-670 862,9
CH ₄	21 132,4	18 715,1	20 297,3	22 350,1	24 578,4	25 461,2	25 535,7	22 763,9	22 693,1	22 541,2	20 913,5	22 558,6	22 533,7	22 608,8
N ₂ O	10 827,1	14 480,3	15 756,9	17 063,4	18 647,8	19 307,7	23 485,9	12 271,8	12 310,8	12 195,6	11 767,5	13 221,3	15 349,6	13 799,7
Все газы	158 808,0	-119 413,9	-401 489,6	-496 258,5	-523 875,5	-578 220,4	-623 078,6	-629 518,8	-648 470,7	-614 877,3	-610 860,9	-651 965,3	-603 048,5	-634 454,4

1) Итоговые значения могут незначительно отличаться от сумм по строкам в результате округления

6. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (Сектор 4 ОФД)

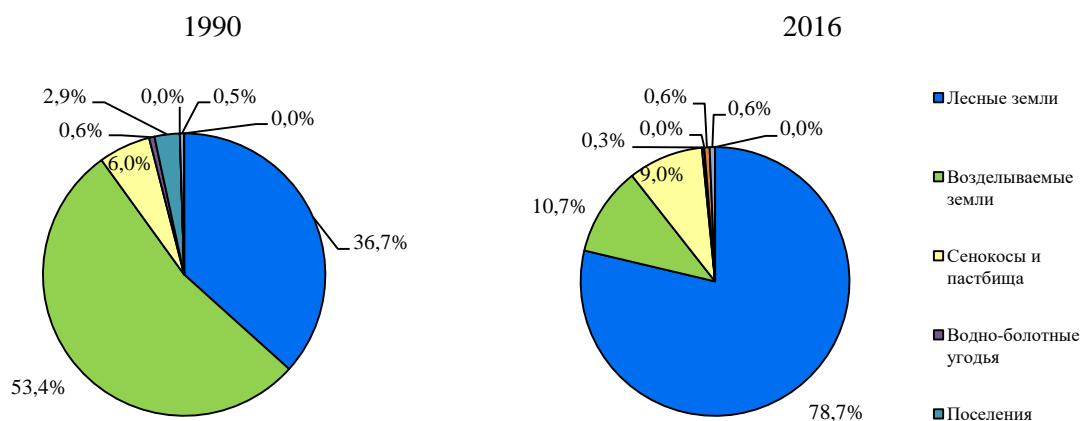


Рисунок 6.1 – Вклад различных категорий землепользования в баланс парниковых газов в секторе «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство», %

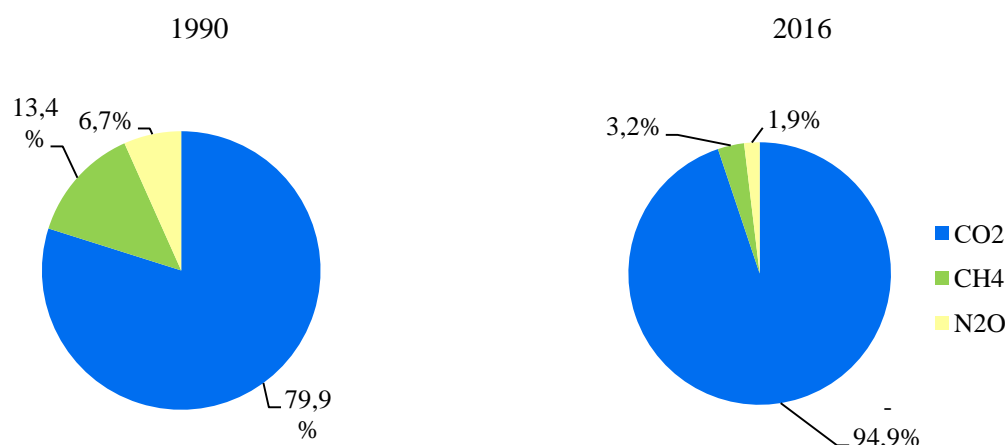


Рисунок 6.2 – Вклад различных парниковых газов в баланс парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ в 1990 и 2016 гг., %

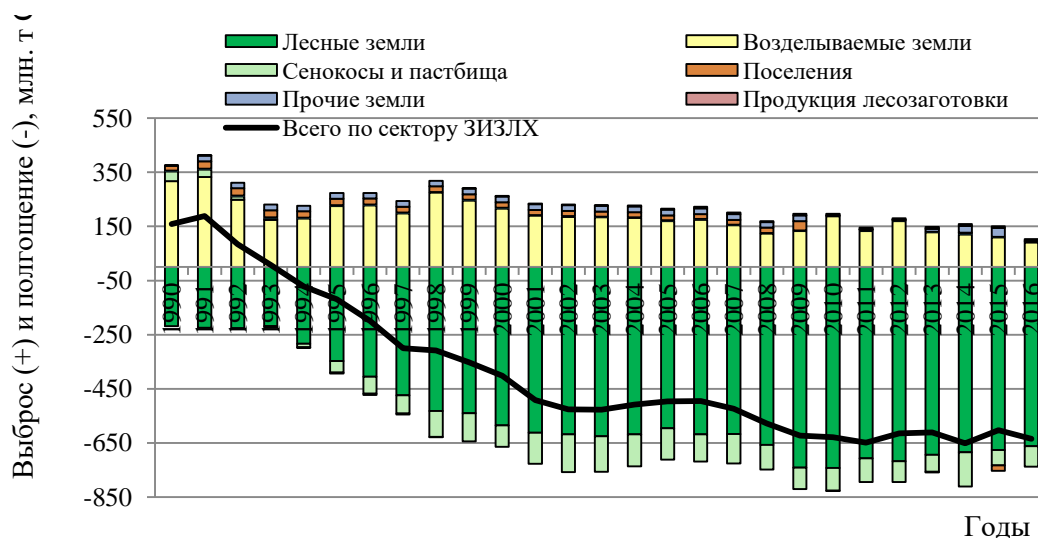


Рисунок 6.3 – Баланс парниковых газов в секторе «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство»

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 *земельным угодьям*. *Категория* земель определяется как часть земельного фонда, выделяемая по основному целевому назначению и имеющая определенного правообладателя и соответствующий правовой режим. *Земельные 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.). *Земельные 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, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения;
- земли особо охраняемых территорий и объектов;
- земли лесного фонда;
- земли водного фонда;
- земли запаса.

Для составления матрицы перевода земель использованы данные государственной статистической отчетности о наличии земель и распределении их по формам собственности, категориям, угодьям и пользователям в РФ, которые входят в Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в РФ по ежегодным данным Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (далее Росреестр).

Согласно сведениям Государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель в РФ в 2016 году в состав РФ входят 85 субъектов. Площадь земельного фонда РФ на 1 января 2017 года составила 1712,5 млн. га без учета внутренних морских вод и территориального моря. По состоянию на 1 января 2014 года площадь земельного фонда РФ составляла 1709,8 млн. га. Увеличение площади РФ на 2,7 млн. га произошло в 2014 году в результате формирования Крымского федерального округа.

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 преж-

ную категорию обработанных, 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 и 2016 гг. наблюдалось небольшое увеличение площади пахотных угодий, по-видимому, за счет ранее выбывших площадей, а в 2012, 2014 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, используемые сельскохозяйственными предприятиями и гражданами», 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 РФ в значительной степени отражает ведомственную принадлежность земель и включает в себя все типы *земельных 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 *земельных угодий* так же, как и по *категориям* земель, собирается Росреестром и публикуется в ежегодных докладах (Роснедвижимость, 1993-2009; Росреестр, 2010-2017). Указанные типы *земельных угодий* полностью соответствуют категориям МГЭИК. Так лесные земли, входящие в лесной фонд и земли под древесно-кустарниковой растительностью, не входящей в лесной фонд, полностью соответствуют категории «5.A Лесные земли» МГЭИК, пахотные угодья и многолетние насаждения, входящие в состав сельскохозяйственных угодий – категории «5.B Возделываемые земли»; кормовые угодья и залежи – категории «5.C Сенокосы и пастбища», земли под водой и под болотами – категории «5.D Водноболотные угодья», земли под дорогами и под застройкой – категории «5.E Поселения», нарушенные земли и прочие земли – категории «5.F Прочие земли». Сопоставление земельных категорий МГЭИК и типов *земельных угодий* Российской Федерации приведено в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Соответствие определений категорий земель МГЭИК и типов земельных угодий
Российской Федерации

Категории земель МГЭИК	Типы земельных угодий РФ
<p>Лесные земли</p> <p>Вся территория с древесной растительностью, соответствующая пороговым критериям, используемым для определения лесной площади в национальном кадастре ПГ, 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.</p>	<p>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.</p>
<p>Возделываемые земли</p> <p>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.</p>	<p>Сельскохозяйственные угодья – это земельные угодья, систематически используемые для получения сельскохозяйственной продукции.</p> <p>Пашня – сельскохозяйственное угодье, систематически обрабатываемое и используемое под посевы сельскохозяйственных культур.</p> <p>Многолетние насаждения – сельскохозяйственное угодье, используемое под искусственно созданные древесные, кустарниковые или травянистые многолетние насаждения для получения урожая плодово-ягодной, технической и лекарственной продукции.</p>
<p>Пастбища</p> <p>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.</p>	<p>Сенокос – сельскохозяйственное угодье, систематически используемое под сенокошение.</p> <p>Пастбище – сельскохозяйственное угодье, систематически используемое для выпаса животных.</p> <p>Залежь – земельный участок, который ранее использовался под пашню и более 1 года не используется для посева сельскохозяйственных культур.</p>
<p>Водно-болотные угодья</p> <p>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.</p>	<p>Земли под водой и болотами, в том числе под реками, ручьями, озерами, водохранилищами, прудами, искусственными водоемами, осушительными и оросительными каналами и др., заболоченные земли.</p>

Продолжение таблицы 6.2

Категории земель МГЭИК	Типы земельных угодий РФ
<p style="text-align: center;">Поселения</p> <p>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.</p>	<p>Земли застройки – в эти угодья включены площади под зданиями и сооружениями, а также земельные участки, необходимые для их эксплуатации и обслуживания.</p> <p>Земли под дорогами – в эти угодья включены земли, расположенные в полосах отвода автомобильных и железных дорог, а также скотопрогоны, улицы, проезды, проспекты, площади, иные пути сообщения.</p>
<p style="text-align: center;">Прочие земли</p> <p>Эта категория включает лишнюю 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.</p>	<p>Прочие земли – в состав включены скальные покрытия, пески, овраги и прочие земли, а также участки тундры.</p> <p>Нарушенные земли – земли, утратившие свою хозяйственную ценность в связи с нарушением почвенного покрова, гидрологического режима и образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека.</p>

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 2016 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 РФ, поданных в 2009 и 2010 годах, для формирования отчетности по выбросам парниковых газов в секторе 4 составлена матрица перевода земель на территории РФ за период с 1990 по 2009 гг. в целом на основе доступных данных и информации, содержащейся в отчетах Росреестра и Рослесхоза. За 2010 – 2016 годы составлены ежегодные матрицы перевода земель, на основе детализированных данных Росреестра (Росреестр, 2011b, 2012b, 2013b; Росреестр, 2014, 2015, 2016, 2017).

При составлении матриц преобразований в землепользовании учитывалось, что:

- по данным Росреестра (Роснедвижимость, 2004-2009; Росреестр, 2010-2017) преимущественный перевод пахотных угодий осуществлялся в кормовые угодья, болотные и прочие земли, а также в земли населенных пунктов;
- из состава кормовых угодий (сенокосы и пастбища) ежегодно выбывают площади в неуправляемые лесные угодья при их естественном зарастании кустарником и мелколесьем;
- площадь управляемых лесных земель увеличивается за счет перевода лесов, принадлежащих ранее другим ведомствам, перевода из категории резервных лесов, а также за счет уточнения лесных площадей в результате лесоустройства. Таким образом, осуществляется перевод земель из неуправляемых лесных угодий в управляемые леса;
- по данным Росреестра перевод земель, в частности лесных и сельскохозяйственных угодий, осуществляется под нужды промышленного и транспортного строительства, прокладки трубопроводов и другое строительство (Росреестр, 2010). Этот вид землепользования учтен в категории МГЭИК земли поселений;
 - значительные площади угодий переводятся из категории или в категорию *прочие земли* (в соответствии с классификацией МГЭИК).

Таблица 6.3

Площади земельных угодий в РФ в соответствии с категориями МГЭИК, тыс. га¹⁾

Типы земельных угодий	Динамика площадей по годам, тыс. га ²⁾														Изменения	
	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016 г. к 2015 г.	2016 г. к 1990 г.
5.A Лесные земли (ЛЗ)	778593,1	818091,7	857645,8	897200,0	897300,0	897317,0	897334,0	897334,8	897499,7	898136,0	898127,4	898393,8	897012,2	897014,4	2,2	118421,3
5.A.1 Лесные земли, остающиеся ЛЗ	778500,0	778249,5	778115,6	778020,3	777982,7	777960,6	777939,5	777920,7	777908,1	777886,0	777871,6	778134,0	778121,1	776535,5	-11,6	-1960,5
- управляемые	609513,9	614795,4	618614,4	624294,4	624192,4	642094,8	685596,7	687766,8	687394,6	685546,8	685615,1	686053,0	686820,0	687934,6	1114,6	78420,7
- неуправляемые	168986,1	163454,2	159501,2	153725,9	153790,3	135865,8	92342,8	90153,9	90513,5	92339,2	92256,5	92081,0	91301,1	88600,9	-1126,2	-80381,2
5.A.2 Земли, переустроенные в ЛЗ	93,0	39842,1	79530,3	119179,7	119317,3	119356,4	119394,5	119414,1	119591,6	120250,0	120255,8	120259,8	118891,1	120478,9	13,8	120381,9
5.B Пахотные земли	132544,6	120962,4	103554,3	91402,9	88974,1	91256,7	92374,1	90430,5	91232,4	90895,0	91161,0	91543,2	91775,7	92577,8	802,1	-39966,8
5.C Луговые угодья (ЛУ)	89106,1	99672,1	116979,8	128463,1	130245,9	127556,7	120357,1	122301,9	121541,5	121909,7	121620,8	123079,7	122763,0	122043,3	-719,7	32937,2
5.C.1 Луговые угодья, остающиеся ЛУ	87938,5	88229,2	90923,4	92098,8	92094,5	92052,0	86616,6	86615,1	86536,6	86471,9	86458,6	86873,3	86968,8	86719,8	-78,0	-1217,2
- управляемые (сенокосы и пастбища)	80139,0	78669,0	72642,0	72482,0	70092,0	70297,0	70021,0	70104,0	70180,0	70287,0	70367,0	70901,7	70648,2	70789,0	140,8	-9350,0
- неуправляемые	7799,5	9560,2	18281,4	19616,8	22002,5	21755,0	16595,6	16511,1	16356,6	16184,9	16091,6	15971,6	16320,6	15930,8	-218,8	8132,8
5.C.2 Земли, переведенные в ЛУ ³⁾	1167,6	11442,9	26056,4	36364,3	38151,4	35504,7	33740,5	35686,8	35004,9	35437,8	35162,2	36206,4	35794,2	35323,6	-641,7	34154,4
5.D Водно-болотные угодья	179295,0	191307,2	203319,3	215331,5	220136,4	222538,8	225055,1	225053,7	225068,9	225066,7	225040,5	225241,9	226828,0	226825,0	-3,0	47530,0
5.D.1 Водно-болотные угодья (ВБУ), остающиеся ВБУ	177015,8	177585,6	178155,4	178725,2	178953,1	179067,1	179295,0	181572,8	183861,3	186149,8	188438,2	190944,1	193232,6	195525,1	2288,2	18513,7
- управляемые ВБУ ⁴⁾	316,6	309,6	261,0	223,1	218,7	215,2	211,6	208,1	204,6	201,1	197,5	194,0	190,5	186,9	-3,5	-129,7
- неуправляемые ВБУ	176699,2	177276,0	177894,4	178502,1	178734,4	178851,9	179083,4	181364,7	183656,7	185948,7	188240,7	190750,1	193042,1	195338,2	2291,7	18643,3
5.D.2 Земли, переведенные в ВБУ	2279,2	13721,6	25163,9	36606,3	41183,2	43471,7	45760,1	43480,9	41207,6	38916,9	36602,3	34297,8	33595,4	31299,9	-2291,2	29016,3
5.E Поселения (П)	9152,7	10334,8	11456,0	12538,4	12970,8	13190,4	13644,0	13697,1	13718,8	13771,3	13825,8	13967,3	14142,7	14171,7	29,0	5019,0
5.E.1 Поселения, остающиеся П	9097,2	9097,2	9097,2	9097,2	9097,2	9097,2	9097,2	9152,7	9394,2	9633,8	9873,0	10226,8	10459,7	10687,6	228,1	1590,4
5.E.2 Земли, переустроенные в П	55,6	1237,6	2358,8	3441,2	3873,6	4093,2	4546,8	4544,4	4324,6	4137,5	3952,8	3740,4	3683,0	3484,1	-199,1	3428,5
5.F Прочие земли (ПЗ)	521132,7	469456,0	416869,0	364888,3	360197,0	357964,6	361059,9	361006,6	360763,3	360045,9	360049,1	360293,2	359997,5	359886,9	-110,6	-161245,9
5.F.1 Прочие земли, остающиеся ПЗ	521132,7	468999,0	415955,1	363517,4	358643,3	356319,5	359288,2	359233,2	359081,2	358453,0	358503,1	358821,4	358537,0	358381,8	-22,2	-162750,9
5.F.2 Земли, переведенные в ПЗ	0,0	457,0	913,9	1370,9	1553,7	1645,1	1771,7	1773,5	1682,1	1592,9	1546,0	1471,8	1460,5	1505,07	-88,4	1505,1
Всего земель	1709824,2	1709824,2	1709824,2	1709824,2	1709824,2	1709824,2	1709824,2	1709824,6	1709824,6	1709824,6	1709824,6	1712519,1	1712519,1	1712519,1	0,0	2694,9

¹⁾ на основе данных Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии на конец года.²⁾ данные за 1991-1994, 1996-1999, 2001-2004 годы представлены в предыдущих национальных докладах о кадастре парниковых газов.³⁾ суммарная площадь земель, переведенных в управляемые и неуправляемые луговые угодья.⁴⁾ торфозаботки

Учитывая вышеизложенную информацию, при составлении матрицы земель РФ 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 земельных угодий в соответствии с классификацией МГЭИК в целом за период с 1990 по 2009 год (Российская Федерация, 2011). Ежегодные матрицы перевода земель за 2010 – 2016 годы составлены на основе детализированных данных Росреестра (Росреестр, 2011b, 2012b, 2013b; Росреестр, 2014, 2015, 2016, 2017). Сводные данные по конверсии земель за 1990-2016 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 Общей формы доклада (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.

Матрица земельных угодий за 2016 год составлена на основе статистических данных, полученных из отчетных материалов Росреестра (Росреестр, 2017), 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 земельных 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

Земли лесного фонда России – объект федеральной собственности, представляющий совокупность лесов, лесных и нелесных земель в границах, установленных в соответствии с лесным и земельным законодательством. К землям лесного фонда относятся все леса, за исключением лесов, расположенных на землях особо охраняемых природных территорий и объектов, землях обороны и безопасности, населенных пунктов (городские леса), а также на других землях иных категорий. Государственное управление, учет и контроль охватывают все земли лесного фонда страны. Государственный учет в лесном фонде и лесах, не входящих в лесной фонд, в период 1988-1998 гг. проводился раз в пятилетие (1988, 1993, 1998), сопровождаясь формированием базы данных и изданием справочников (Госкомлес СССР, 1990, 1991; Рослесхоз, 1995b, 1999). В период 1999-2007 гг. государственный учет лесного фонда проводился ежегодно, сопровождаясь формированием базы данных. Последний справочник по лесному фонду был издан в 2003 году (Рослесхоз, 2003b). С 2008 года Лесным кодексом введен Государственный лесной реестр, заменивший государственный учет лесного фонда. Начиная с 2008 года данные Государственного лесного реестра ежегодно обновляются. Ведение Государственного лесного реестра осуществляется органами исполнительной власти субъектов РФ в области лесных отношений.

Деятельность в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов и временно не покрытых лесной растительностью земель лесного фонда регулируется лесным законодательством Российской Федерации (Лесной кодекс, 1997, 2006).

В соответствии со статьей 83 Лесного кодекса значительная часть полномочий в области лесных отношений была передана субъектам РФ, за исключением густонаселенных регионов. Основными территориальными единицами управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов стали лесничества и лесопарки. Основным источником информации для составления кадастра парниковых газов по лесам является государственный лесной реестр. В государственном лесном реестре содержится документированная информация: 1) о составе и границах земель лесного фонда, составе земель иных категорий, на которых расположены леса; 2) о лесничествах, лесопарках, об их границах, их лесных кварталах и лесотаксационных выделах; 3) о защитных лесах, об их категориях, об эксплуатационных лесах, о резервных лесах, об их границах; 4) об особо защитных участках лесов, об их границах, о зонах с особыми условиями использования территорий; 5) о лесных участках и об их границах; 6) о количественных, качественных, об экономических характеристиках лесов и лесных ресурсов; 7) об использовании, охране, о защите, воспроизводстве лесов, в том числе о лесном семеноводстве; 8) о предоставлении лесов гражданам, юридическим лицам.

Таблица 6.4

Перевод площадей земель по категориям МГЭИК в РФ за период с 01.01.1990 по 01.01.2016, тыс. га

Типы земельных угодий	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Управляемые лесные земли ¹⁾														
– начальная площадь	609513,9	615143,1	619060,8	623751,9	624820,6	624814,2	642721,3	686226,4	688403,1	683851,8	683837,8	684189,8	684352,8	685124,0
– конечная площадь	609563,5	615164,1	619077,3	624828,7	624814,2	642721,3	686226,4	688403,1	683851,8	683837,8	683910,8	684352,8	685124,0	686241,2
Неуправляемые лесные земли														
– начальная площадь	168986,1	195037,8	230674,2	265537,3	272479,4	272485,8	254595,7	211107,6	208931,7	213647,9	214298,2	214216,6	214041,0	211888,2
– конечная площадь	168974,0	202927,6	238568,5	272371,3	272485,8	254595,7	211107,6	208931,7	213647,9	214298,2	214216,6	214041,0	211888,2	210773,2
Пахотные земли														
– начальная площадь	133805,2	122993,4	106881,7	95028,0	90862,8	90040,4	92384,3	92374,1	90430,5	91232,4	90895,0	92540,3	91543,2	91775,7
– конечная площадь	132544,6	120503,0	104304,9	92435,2	90040,4	92384,3	93541,7	90430,5	91232,4	90895,0	91161,0	91543,2	91775,7	92577,8
Управляемые луговые угодья ²⁾														
– начальная площадь	80139,4	88213,0	101229,1	109995,3	112950,8	113166,9	110218,8	109606,2	111543,2	110735,5	111070,7	111238,9	112220,8	111984,1
– конечная площадь	81306,6	90074,9	103181,0	111982,9	113166,9	110218,8	108437,5	111543,2	110735,5	111070,7	110799,5	112220,8	111984,1	111179,3
Неуправляемые луговые угодья														
– начальная площадь	7798,0	8341,6	9015,4	9689,5	10122,4	10423,2	10723,3	10750,9	10758,7	10805,9	10839,0	10821,3	10858,9	10779,0
– конечная площадь	7799,5	8476,4	9150,4	9824,1	10423,2	10723,3	10750,9	10758,7	10805,9	10839,0	10821,3	10858,9	10779,0	10864,0
Управляемые водно-болотные угодья														
– начальная площадь	316,6	311,0	270,9	228,3	222,2	218,7	215,2	211,6	208,1	204,6	201,1	197,5	194,0	190,5
– конечная площадь	316,6	309,6	261,0	223,1	218,7	215,2	211,6	208,1	204,6	201,1	197,5	194,0	190,5	186,9
Неуправляемые водно-болотные угодья														
– начальная площадь	178975,6	188138,6	199629,5	211138,0	215747,9	218042,9	220347,2	224843,9	224845,6	224864,3	224865,6	225060,4	225047,9	226637,5
– конечная площадь	178978,4	190429,4	201927,9	213441,4	218042,9	220347,2	224840,6	224845,6	224864,3	224865,6	224843,0	225047,9	226637,5	226638,1
Земли поселений ³⁾														
– начальная площадь	9097,2	10102,0	11234,6	12323,4	12754,8	12970,8	13190,4	13644,0	13697,1	13718,8	13771,3	13951,8	13967,3	14142,7
– конечная площадь	9152,7	10334,8	11456,0	12538,4	12970,8	13190,4	13644,0	13697,1	13718,8	13771,3	13825,8	13967,3	14142,7	14171,7
Прочие земли														
– начальная площадь	521192,3	481543,8	431827,9	382132,5	369863,3	367661,3	365428,0	361059,9	361006,6	360763,3	360045,9	360302,5	360293,2	359997,5
– конечная площадь	521188,3	471604,3	421897,3	372179,1	367661,3	365428,0	361063,9	361006,6	360763,3	360045,9	360049,1	360293,2	359997,5	359886,9

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 РФ за период с 01.01.1990 по 01.01.2016, тыс. га

Типы земельных угодий	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Управляемые лесные земли ¹⁾	49,6	21,0	16,5	1076,9	-6,4	17907,1	43505,1	2176,7	-4551,3	-14,0	72,9	163,1	771,2	1117,2
Неуправляемые лесные земли	-12,1	7889,8	7894,4	6834,0	6,4	-17890,1	-43488,1	-2175,9	4716,2	650,3	-81,5	-175,7	-2152,8	-1115,0
Пахотные земли	-1260,6	-2490,4	-2576,8	-2592,8	-822,4	2343,9	1157,3	-1943,6	802,0	-337,4	266,0	-997,1	232,5	802,1
Управляемые луговые угодья ²⁾	1167,2	1861,9	1951,8	1987,6	216,1	-2948,1	-1781,3	1937,0	-807,7	335,1	-271,2	981,9	-236,7	-804,8
Неуправляемые луговые угодья	1,5	134,8	135,0	134,5	300,8	300,1	27,6	7,8	47,3	33,1	-17,8	37,6	-79,9	85,1
Управляемые водно-болотные угодья	0,0	-1,4	-9,9	-5,2	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
Неуправляемые водно-болотные угодья	2,9	2290,9	2298,4	2303,4	2295,0	2304,3	4493,4	1,7	18,7	1,3	-22,7	-12,5	1589,6	0,5
Земли поселений ³⁾	55,6	232,9	221,3	215,0	216,0	219,6	453,6	53,1	21,7	52,5	54,5	15,5	175,4	29,0
Прочие земли	-4,0	-9939,5	-9930,7	-9953,4	-2202,0	-2233,3	-4364,1	-53,3	-243,3	-717,4	3,2	-9,3	-295,7	-110,6

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.

В зависимости от экономического, экологического и социального значения, местоположения и выполняемых функций, лесной фонд страны ранее был разделен на три группы лесов. В соответствии со статьей 10 Лесного кодекса РФ (2006), леса, расположенные на землях лесного фонда, по целевому назначению подразделяются на защитные леса, эксплуатационные леса и резервные леса. В соответствии с Приказом Федерального агентства лесного хозяйства № 498 от 19 декабря 2007г. леса, ранее относившиеся ко второй и третьей группам (за исключением резервных лесов), включены в состав эксплуатационных лесов. Резервные леса, входившие ранее в состав лесов третьей группы, отнесены к резервным лесам, а леса первой группы – к защитным лесам.

Методология МГЭИК выделяет «управляемые земли» как территорию, где осуществляются систематическая антропогенная деятельность или вмешательства для целей 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 использованию лесами в целях выполнения ими соответствующих экологических (включая биологическое разнообразие), экономических и социальных функций устойчивым образом. Управление лесами (лесоуправление) представляет собой цельную систему взаимосвязанных организационно-хозяйственных мероприятий по обеспечению устойчивого и неистощительного пользования лесными ресурсами.
- В рамках управления лесами проводятся следующие мероприятия: регулярный учет, количественная оценка и анализ состояния, пространственно-временной и ресурсной динамики лесного фонда; лесовосстановительные мероприятия и уход за лесом; охрана и защита лесов от пожаров и прочих причин гибели лесных насаждений; определение оптимального размера лесозаготовок (расчетная лесосека); сплошные и выборочные рубки, заготовки недревесного сырья и другой лесной продукции.

В состав управляемых лесов России согласно Докладу об установленном количестве выбросов (2007) входят лесные земли лесного фонда (за исключением резервных лесов). В состав управляемых лесных земель включены особо охраняемые природные территории (ООПТ), а также земли обороны и безопасности. Лесные земли обороны и безопасности и лесные земли ООПТ входили в состав земель лесного фонда до 1993 г. и до 2008 г. соответственно.

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 01.01.2017 г. лесные земли Российской Федерации охватывали 897,0 млн. га, а лесные земли, входящие в лесной фонд по данным Рослесхоза составили 864,4 млн. га или 95,3% лесных земель страны. Управляемые лесные земли России (с учетом лесов ООПТ и земель обороны и безопасности) в настоящее время занимают 687,7 млн. га или 76,7% лесных земель Российской Федерации. Управляемые леса охватывают большую часть лесного фонда 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 все леса Приволжского, Северо-Западного, Северо-Кавказского, Уральского, Центрального, Южного, Крымского федеральных округов, а также большая часть лесов Сибирского и Дальневосточного округов (Коровин и др., 2006; Гитарский и др., 2006; Российская Федерация, 2010). Наименьшая доля управляемых лесов от всех, покрытых лесом земель отмечена в Камчатской и Иркутской областях, Республиках Саха (Якутия), Тыва и Бурятия, Красноярском и Хабаровском краях.

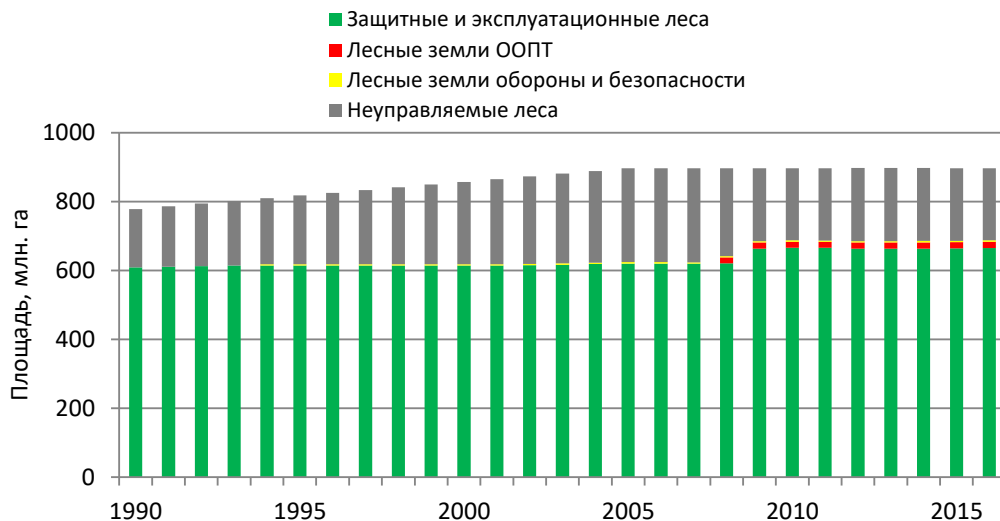


Рисунок – 6.4 Динамика площади лесных земель РФ. Защитные и эксплуатационные леса, леса ООПТ, леса на землях обороны и безопасности входят в состав управляемых лесов.

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. Для отчетности по статьям 3.3 и 3.4 Киотского протокола кустарниковые сообщества исключаются, поскольку они не соответствуют принятому в «Национальном докладе РФ об установленном количестве выбросов» (2008) определению леса (сообщество деревьев с минимальной полнотой (плотностью стояния) 0,3 (для молодняков 0,4), минимальной высотой деревьев в спелом возрасте 5 м и площадью 1,0 га).

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.

В основу расчетов положены дезагрегированные данные по площадям покрытых лесной растительностью земель, площадей вырубок, гарей и погибших насаждений, а также данные о площадях и запасах лесных насаждений по преобладающим породам в разрезе субъектов РФ. Результаты расчетов запасов углерода, поглощения, потерь и бюджета углерода управляемых лесов за 2016 г. по субъектам РФ представлены в приложении 3.3 (часть 2 НДК).

Общая площадь управляемых лесных земель с 1990 по 2016 г. увеличилась на 78,2 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.

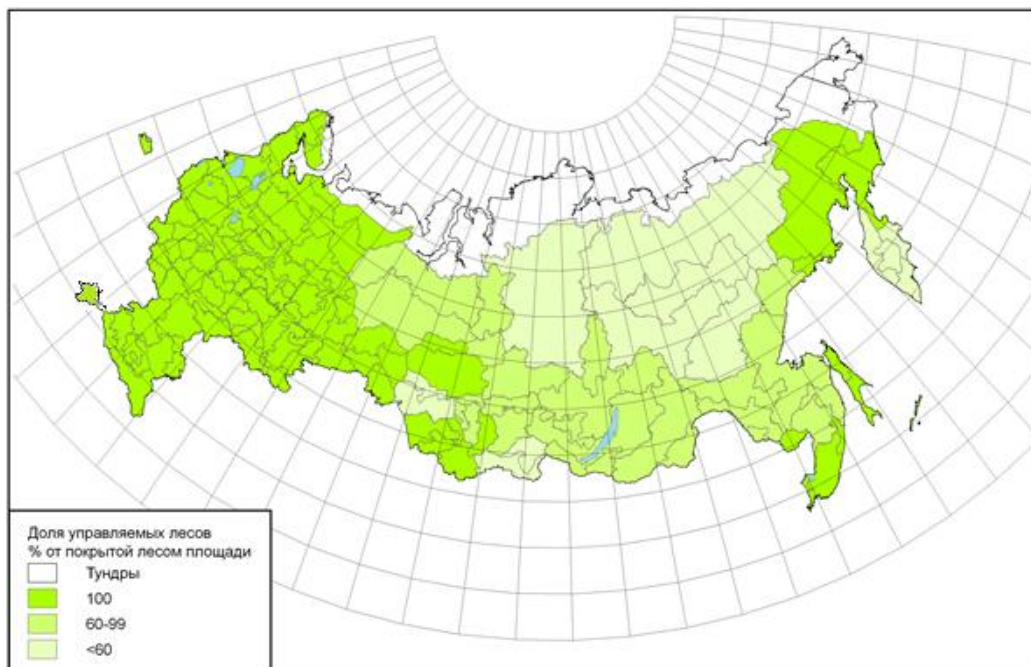
6.4.1.1.1 Управляемые леса лесного фонда

Покрытые лесной растительностью земли лесного фонда ежегодно абсорбировали от 279,3 до 342,2 Мт С год⁻¹ (в среднем – 309,8 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).

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 сред-

нем – 161,3 Мт С год⁻¹) (табл. 6.7, рис. 6.7). В среднем 66,2% потерь углерода приходилось на фитомассу, 12,3% – на мертвую древесину, 3,5% – на подстилку, 18,0% – 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.

А



Б

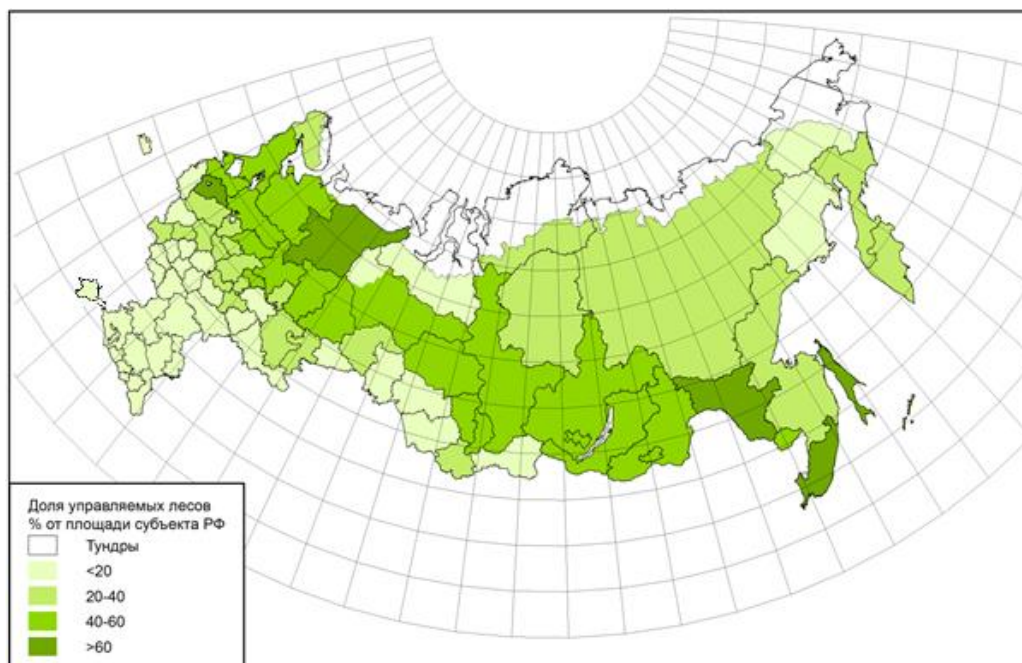
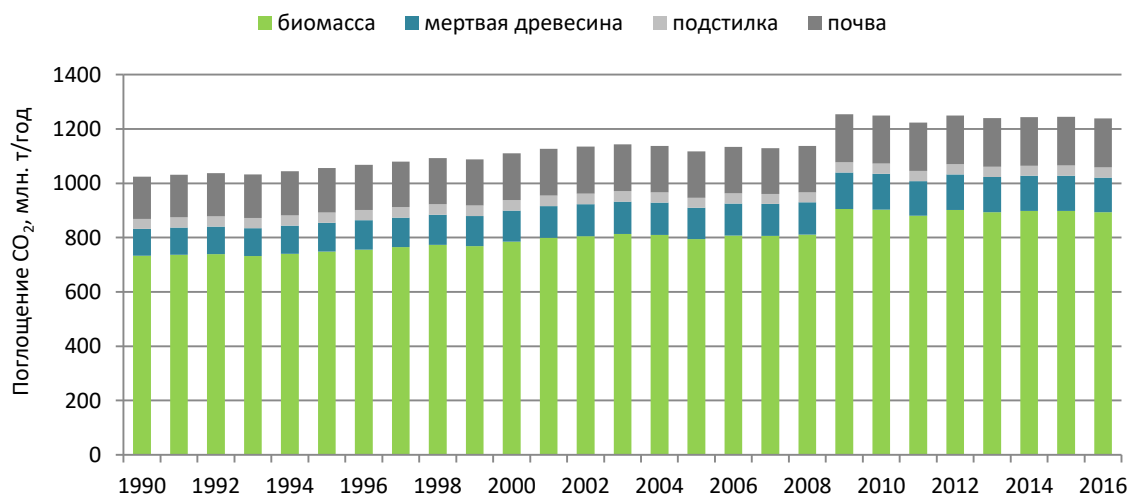


Рисунок – 6.5 Схема расположения управляемых лесов территории Российской Федерации:
А – доля управляемых лесов от покрытых лесом земель; Б – доля управляемых лесов от площади субъекта РФ

Таблица 6.6

Абсорбция углерода управляемыми лесами лесного фонда по пулам

Год	Поглощение углерода управляемыми лесами 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
2007	219 784,7	32 169,9	9 901,7	46 148,2	308 004,5
2008	221 257,1	32 371,9	9 948,0	46 530,3	310 107,3
2009	246 995,3	36 448,4	10 273,1	48 448,1	342 164,8
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

Рисунок 6.6 – Динамика абсорбции CO₂ управляемыми лесами лесного фонда по пулам

Данные о фактической рубке в лесах России (H_k) представлены на рисунке 6.8 (Рослесхоз, 2002, 2003а, 2005, 2006; Замолотчиков 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 1999-2016 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 РФ. Согласно рекомендациям международной группы экспертов, потери углерода от иных видов рубок, не приводящих к образованию сплошных вырубок и не являющихся деструктивными наруше-

ниями 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 управляемыми лесами лесного фонда, 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
2007	82 156,7	54 119,0	1 404,2	137 679,9
2008	76 620,1	57 369,0	1 384,6	135 373,7
2009	80 358,8	62 045,5	1 384,6	143 788,9
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	1 383,6	161 493,0

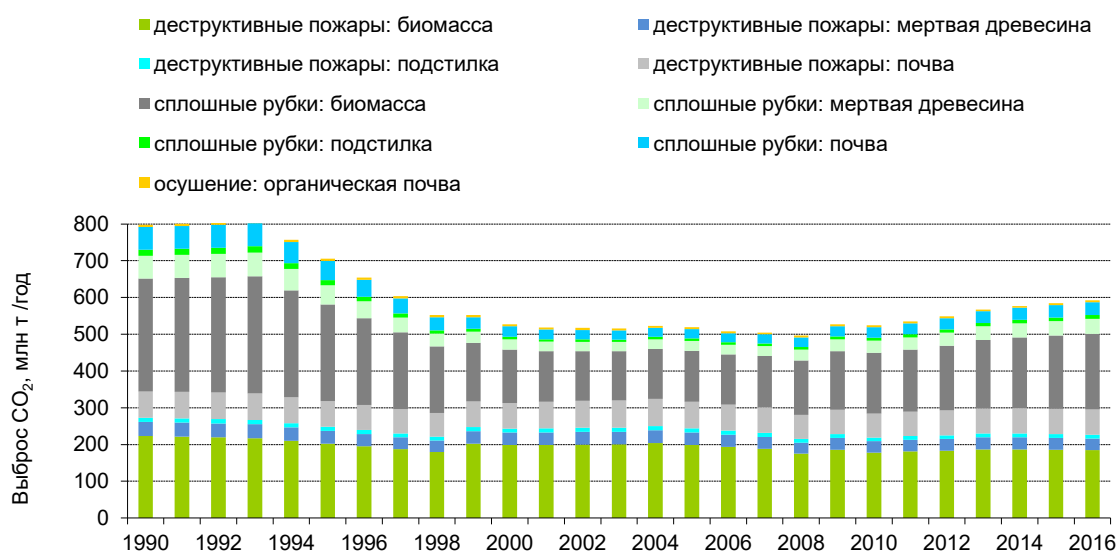


Рисунок 6.7 – Динамика потерь CO₂ управляемыми лесами лесного фонда по пулам в результате хозяйственной деятельности

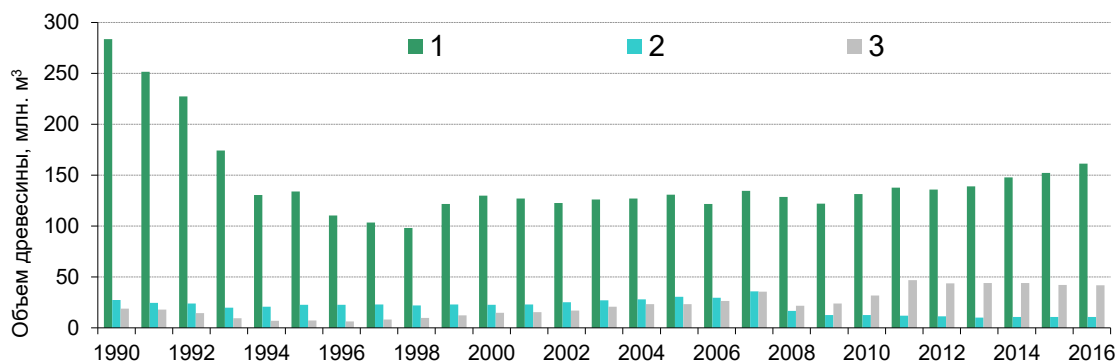


Рисунок 6.8 – Фактическая рубка древесины в лесах России по видам пользования: 1 – рубки спелых и перестойных насаждений; 2 – рубки ухода; 3 – санитарные рубки и прочие рубки

6.4.1.1.2 Управляемые леса на землях ООПТ, 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 таблицах 6.8 и 6.9 соответственно. 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 2008-2016 гг. нетто-поглощение CO_2 в объеме 26,1-27,1 млн. т год^{-1} , а лесные земли обороны и безопасности – 8,0-8,7 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 – 2,1 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.

Таблица 6.8

Динамика площадей лесных земель и нетто-поглощения углерода лесами, расположенными на землях особо охраняемых природных территорий

Показатели	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Площадь лесных земель на начало года, тыс. га	17572,2	17619,6	17850,3	17422,6	17604,2	17666,5	17751,4	17760,6	17771,6
Нетто-поглощение, тыс. т CO_2 год^{-1}	Фитомасса древостоя	5501,8	5464,1	5587,0	5387,8	5469,1	5408,2	5467,2	5466,0
	Мертвая древесина	751,1	775,5	800,4	750,4	762,0	749,2	765,4	759,5
	Подстилка	197,4	189,0	189,3	189,0	191,5	188,7	186,6	186,9
	Почва	828,4	790,9	808,5	810,3	822,4	809,8	804,5	807,1
	Итого по всем пулам	7278,7	7219,5	7385,3	7137,6	7245,1	7155,8	7223,7	7219,4

Таблица 6.9

Динамика площадей лесных земель и нетто-поглощения углерода лесами, расположенными на землях обороны и безопасности

Показатели	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Площадь лесных земель на начало года, тыс. га	3593,3	3967	3952,3	4007,8	4029,7	4035,7	4035,1	4034,5	4048,8
Нетто-поглощение, тыс. т CO_2 год^{-1}	Фитомасса древостоя	1581,1	1673,1	1701,3	1663,3	1681,1	1630,5	1630,8	1644,3
	Мертвая древесина	305,4	323,5	325,8	318,0	322,2	307,5	306,9	308,8
	Подстилка	58,6	59,3	59,6	58,9	59,7	58,8	59,5	60,9
	Почва	242,4	259,3	265,7	263,8	266,9	265,5	268,9	274,6
	Итого по всем пулам	2187,5	2315,2	2352,4	2303,9	2329,9	2262,2	2288,5	2362,4

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 6.9. 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, 2014-2016 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 РФ.

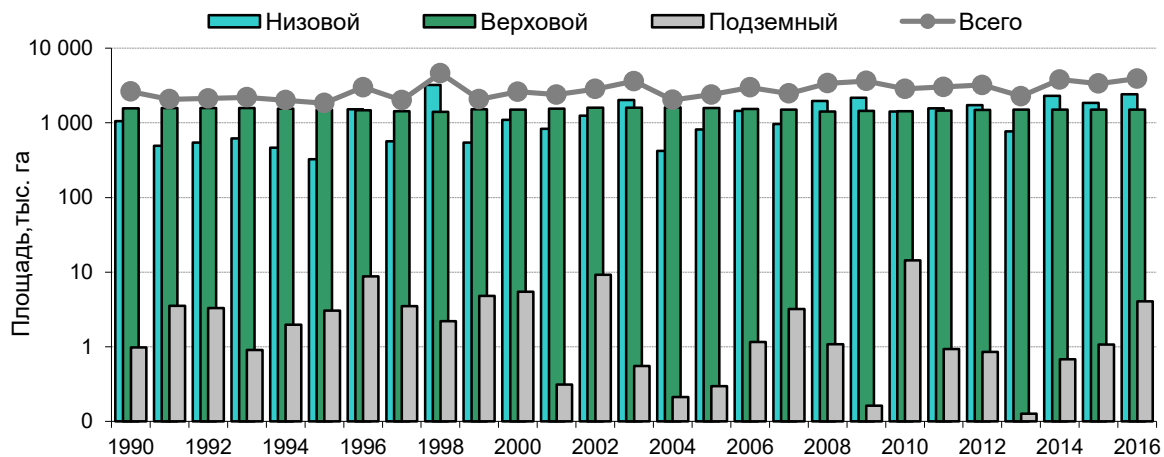


Рисунок 6.9 – Площади пожаров в управляемых лесах по данным Рослесхоза

Помимо общих потерь углерода от деструктивных пожаров, необходимо учитывать выбросы CH_4 , N_2O , CO , NO_x и NMVOC от всех типов пожаров, которые определялись по формуле 6.30 (МГЭИК, 2006). Согласно рекомендации международной группы экспертов, дополнительно были рассчитаны пожарные эмиссии CO_2 по аналогичной методике. Выбросы парниковых газов от верховых пожаров учтены в категории «деструктивные пожары», кроме того учтены выбросы от 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 (NMVOC) 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 6.10 и на рисунке 6.10. 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». В период с 1999 по 2004 годы площади профилактических контролируемых выжиганий были невелики. Согласно данным, представленным на сайте <http://www.drevesina.com/news.htm/a6561/>, в 2005 г. контролируемые выжигания проведены на площади 1 490 тыс. га, что в 10 раз больше, чем в 2004 г. В связи с отсутствием статистических данных за 1999-2004 гг. было принято допущение, что площади контролируемых выжиганий плавно росли от 0 в 1998 г. до 150 тыс. га в 2004 г.

Таблица 6.10

Выбросы CO₂, CH₄, N₂O, 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 ₂ O	NO _x	NMVOC
Низовые пожары							
1990	1050,1	30012,6	89,9	2046,7	5,0	57,4	560
1995	325,8	9311,2	27,9	635,0	1,5	17,8	174
2000	1093,3	31248,3	93,6	2131,0	5,2	59,7	584
2005	815,5	23307,7	69,8	1589,5	3,9	44,6	435
2007	961,1	27469,1	82,3	1873,3	4,6	52,5	513
2008	1964,8	56156,2	168,2	3829,6	9,3	107,4	1049
2009	2175,9	62188,0	186,3	4241,0	10,3	118,9	1161
2010	1414,1	40415,4	121,1	2756,2	6,7	77,3	755
2011	1560,0	44587,5	133,6	3040,7	7,4	85,3	833
2012	1732,0	49502,6	148,3	3375,9	8,2	94,7	924
2013	813,3	23244,8	69,6	1585,2	3,9	44,4	434
2014	2299,4	65718,0	196,9	4481,7	10,9	125,7	1227
2015	1854,2	52994,8	158,7	3614,0	8,8	101,3	990
2016	2411,3**	68915,4	206,4	4699,8	11,4	131,8	1287
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
2007	1511,2	123815,0	370,9	8443,7	20,5	236,7	2312,2
2008	1420,5	116384,4	348,6	7937,0	19,3	222,5	2173,4
2009	1452,2	118984,4	356,4	8114,3	19,7	227,5	2222,0
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
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
2007	3,2	139,0	3,5	79,5	0,1	1,2	11,3
2008	1,1	46,8	1,2	26,8	0,0	0,4	3,8
2009	0,2	7,1	0,2	4,0	0,0	0,1	0,6
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	0,1267	1,5	14,3
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
2007	9,1	108,8	0,3	7,4	0,0	0,2	2,0
2008	52,5	627,7	1,9	42,8	0,1	1,2	11,7

Продолжение таблицы 6.10

Годы	Площадь, тыс. га	Величина выброса, тыс. т					
		CO ₂	CH ₄	CO	N ₂ O	NO _x	NMVOС
2009	294,3	3519,9	10,5	240,0	0,6	6,7	65,7
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
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
2007	2484,6	151531,9	457,0	10403,9	25,2	290,6	2838,4
2008	3438,9	173215,2	519,9	11836,2	28,7	331,5	3237,6
2009	3922,6	184699,4	553,4	12599,4	30,6	353,2	3449,6
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

* – выбросы за 1991-1994, 1996-1999, 2001-2004, 2007 гг. представлены в Национальном кадастре парниковых газов 2014 г.

** - площади рассчитаны на основе соотношения разных типов пожаров за период 2000-2015 гг.

*** – площади деструктивных пожаров представляют собой расчетную величину согласно формуле 6.15

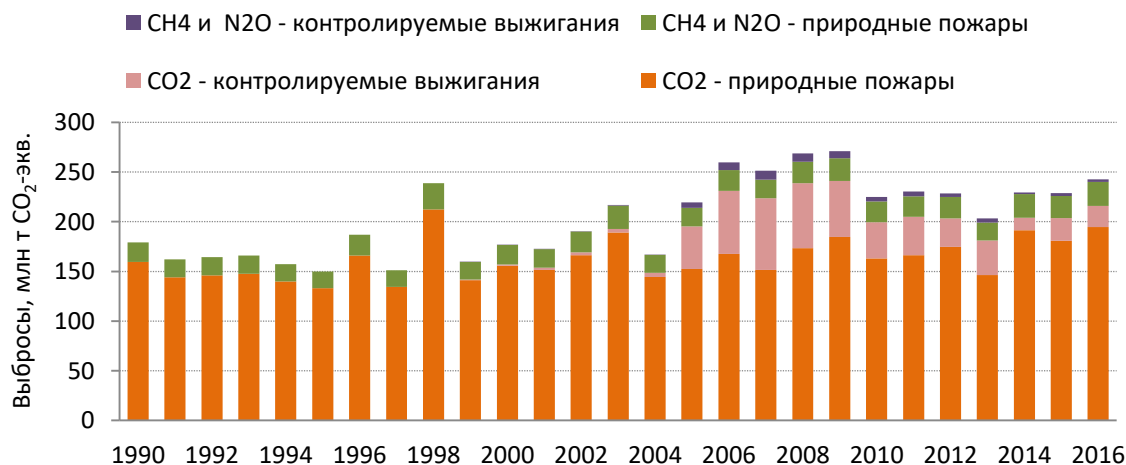


Рисунок 6.10 – Совокупные пожарные эмиссии от природных пожаров и от контролируемых выжиганий в управляемых лесах

В настоящее время профилактические выжигания регламентируются Лесным кодексом РФ. Согласно ст. 53.1 «Предупреждение лесных пожаров», на территории лесного фонда предусмотрены меры противопожарного обустройства лесов, в том числе проведение профилактического контролируемого противопожарного выжигания хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов. Проведение профилактических палов предусматривается ежегодными приказами Рослесхоза об организации охраны лесов от по-

жаров. Планируемые площади профилактических палов согласовываются с уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области лесных отношений. Информация о профилактических палах, проведенных в 2006-2016 гг. была предоставлена Рослесхозом. Расчетные объемы выбросов парниковых газов от профилактических палов представлены в таблице 6.11 и на рисунке 6.10.

Таблица 6.11

Выбросы CO₂, CH₄, N₂O, CO, NO_x и NMVOC от профилактических контролируемых противопожарных выжиганий хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов в управляемых лесах России

Год	Площадь, тыс. га ¹⁾	Величина выброса, тыс. т					
		CO ₂	CH ₄	CO	N ₂ O	NO _x	NMVOC
1999	25,0	714,5	2,1	48,7	0,1	1,4	13,3
2000	50,0	1429,0	4,3	97,5	0,2	2,7	26,7
2001	75,0	2143,6	6,4	146,2	0,4	4,1	40,0
2002	100,0	2858,1	8,6	194,9	0,5	5,5	53,4
2003	125,0	3572,6	10,7	243,6	0,6	6,8	66,7
2004	150,0	4287,1	12,8	292,4	0,7	8,2	80,1
2005	1490,0	42585,5	127,6	2904,2	7,1	81,4	795,3
2007	2518,5	71979,8	215,6	4908,8	11,9	137,6	1344,2
2008	2299,9	65732,4	196,9	4482,7	10,9	125,7	1227,5
2009	1968,9	56274,3	168,6	3837,7	9,3	107,6	1050,9
2010	1279,5	36567,9	109,5	2493,8	6,1	69,9	682,9
2011	1353,1	38672,4	115,8	2637,3	6,4	73,9	722,2
2012	997,2	28499,9	85,4	1943,6	4,7	54,5	532,2
2013	1211,4	34622,0	2361,1	103,7	5,7	66,2	646,5
2014	441,2	12608,8	859,9	37,8	2,1	24,1	235,5
2015	799,4	22847,4	1558,1	68,4	3,8	43,7	426,7
2016	742,2	21211,9	1446,6	63,5	3,52	40,56	396,1

¹⁾ площади за 2006-2012 гг. – по данным Рослесхоза, за 2004-2005 гг. – по данным сайта <http://www.drevesina.com/news.htm/a6561/>, за 1999-2003 гг. – интерполяция, в 1990-1998 гг. профилактические выжигания не проводились.

Выбросы CO₂, CH₄ и N₂O от осушения органических лесных почв

Результаты расчетов выбросов CO₂, CH₄ и N₂O от осушения органических лесных почв приведены в таблице 6.12. 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 6.12

Площади осушенных лесных земель и выбросы парниковых газов

Годы	Площади осушенных лесных земель, тыс. га	Выбросы парниковых газов, тыс. т		
		CO ₂	N ₂ O	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
2007	1977,8	5148,9	5,3	19,4
2008	1950,2	5077,0	5,2	19,1

Продолжение таблицы 6.12

Годы	Площади осушенных лесных земель, тыс. га	Выбросы парниковых газов, тыс. т		
		CO ₂	N ₂ O	CH ₄
2009	1950,2	5077,0	5,2	19,1
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

Итоговый углеродный баланс управляемых лесов

Наибольшее нетто-поглощение обеспечивал пул фитомассы в объемах от 54,6 до 152,4 МтС год⁻¹ (среднее значение – 128,9 Мт С год⁻¹) (табл. 6.13). В среднем за 1990-2016 гг. величина стока углерода в пул мертвой древесины составляла 15,6 Мт С год⁻¹. Наименьшие по абсолютным величинам изменения характерны для запаса углерода подстилки, в среднем пул подстилки является стоком углерода с величиной 5,0 Мт С год⁻¹. Средняя за рассматриваемый период величина стока углерода в почву равна 17,0 Мт С год⁻¹.

Таблица 6.13

Годовой баланс углерода в фитомассе, мертвой древесине, подстилке и почве управляемых лесов РФ

Год	Бюджет углерода по пулам, тыс. т С год ⁻¹				
	Фитомасса	Мертвая древесина	Подстилка	Органическое вещество почвы	Всего
1990	55600,8	-786,2	2626,0	4376,9	61817,4
1995	76935,2	5170,6	3470,1	10010,4	95586,3
2000	121721,9	14826,5	5648,2	19042,4	161238,9
2005	126495,9	14975,8	5297,6	18821,2	165590,6
2007	131975,4	16267,5	5185,1	19161,7	172589,7
2008	140314,5	17257,7	5466,2	21199,9	184238,2
2009	159996,2	19992,5	5690,0	22299,7	207978,4
2010	160022,7	19683,6	5540,2	22319,5	207566,0
2011	151751,8	18017,1	5476,0	22185,9	197430,8
2012	155117,4	18385,4	5439,2	21904,6	200846,5
2013	149299,6	17199,7	5264,9	21194,9	192959,1
2014	148728,7	16986,9	5083,6	20755,5	191554,7
2015	147569,3	16691,3	5060,1	20647,9	189968,7
2016	144656,6	15695,1	5036,9	20746,1	186134,7
Минимум	53479,2	-786,2	2326,5	4376,9	61231,8
Максимум	160022,7	19992,5	5767,1	22319,5	207978,4
Среднее	117381,4	12486,2	4722,4	16457,1	151047,1

За весь рассматриваемый период поглощение углерода управляемыми лесами РФ превышало его потери, то есть наблюдался сток атмосферного углерода в объемах от 61,2 Мт С год⁻¹ в 1990г. до 208,0 Мт С год⁻¹ в 2009 г. (среднее значение – 151,0 Мт С год⁻¹). После 2010 г. наблюдается постепенное снижение нетто-поглощения CO₂ управляемыми лесами, что связано с некоторым увеличением объема лесопользования. В 2016 г. чистое поглощение CO₂ управляемыми лесами составило 682,5 Мт год⁻¹.

Итоговые величины углеродного баланса управляемых лесов Российской Федерации отражают всю совокупность мер по лесопользованию: лесопользование, лесовосстановление, охрану и защиту лесов (рис. 6.11). 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.

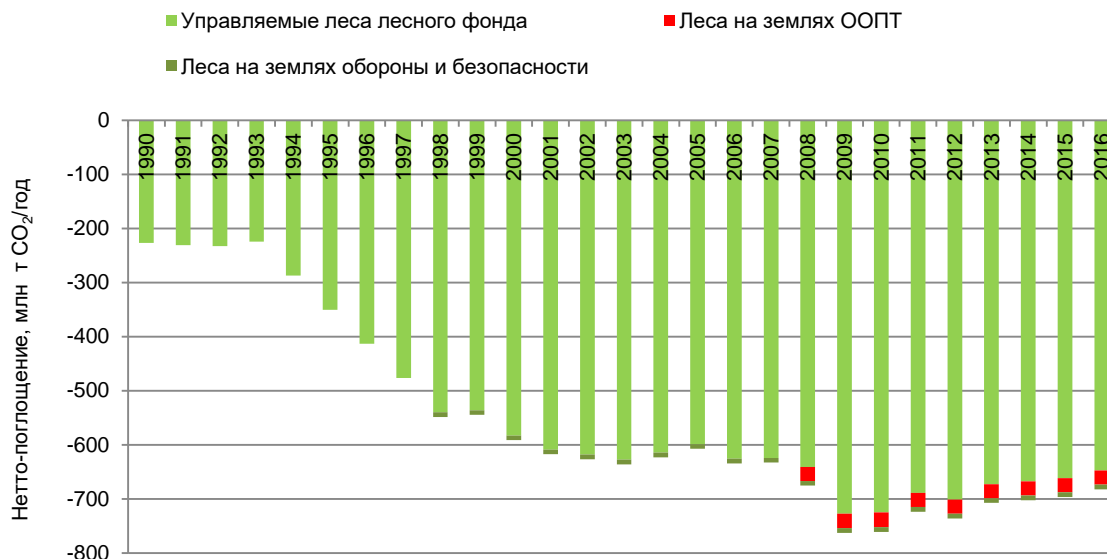


Рисунок 6.11 – Нетто-поглощение CO₂ (за вычетом выбросов CH₄ и N₂O от пожаров и осушения органических почв) в управляемых лесах России

6.4.1.1.2 Методология сбора данных и расчетов

Информация о деятельности, необходимая для составления кадастра парниковых газов в секторе «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство», основана на материалах Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) и данных Государственного лесного реестра – систематизированного свода информации о лесах (рис. 6.12). 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 государственного лесного реестра по субъекту Российской Федерации на основе единого программного обеспечения.

ГУЛФ выполнялся по единой инструкции, утвержденной Министерством природных ресурсов РФ (Инструкция о порядке ведения государственного учета лесного фонда, 1997). Государственный лесной реестр ведется по формам, утвержденным приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 15 февраля 2012 г. № 54 «Об утверждении форм ведения государственного лесного реестра».

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. 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, веду-

щими 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 зарастание 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 РФ 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 Институтом глобального климата и экологии.

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 РФ, предоставленные Рослесхозом по состоянию на 1 января 1988, 1993, 1998-2014 гг. Информационным источником для оценки бюджета углерода лесов на региональном уровне, в настоящее время являются материалы Государственного лесного реестра (ГЛР). Форма 1.8 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 1.4-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 государственных учетов лесного фонда (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.

В связи с замечаниями группы международных экспертов по проверке национального доклада о кадастре парниковых газов 2009 г. принято решение изменить методику расчета. Для оценки годовых изменений запасов углерода на лесных землях вместо метода расчета по изменению запаса был выбран метод по умолчанию, предполагающий вычитание потерь углерода из величин приращения углерода за отчетный период (МГЭИК, 2003). Начиная с 2010 г. были использованы методы и специальная программа РОБУЛ для расчета выбросов и поглощения CO_2 на региональном уровне, разработанные Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН). Инициаторами и руководителями исследований ЦЭПЛ РАН по балансу углерода лесных экосистем являлись академик РАН А.С. Исаев, член-корреспондент РАН Г.Н. Коровин, профессор А.И. Уткин. Первая статья коллектива, опубликованная в 1993 г. (Исаев и др., 1993), уже содержала и универсальную систему конверсионных коэффициентов для расчета запасов углерода фитомассы по объемным запасам лесных насаждений, и методику расчета прироста углерода по динамике его запасов в возрастных группах лесных насаждений. В последующее десятилетие коллектив ЦЭПЛ РАН разработал подходы к оценке пулов и потоков углерода, связанных с мертвым органическим веществом в лесах (Честных и др., 1999, 2004, 2007, Уткин и др., 2001). Кроме того, были разработаны методы определения депонирования углерода фитомассы и нетто-продуктивности лесов на региональном уровне (Уткин и др., 2003, 2004, 2005). В 2005 г. вышла в свет монография «Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России» (Замолодчиков и др., 2005а), в которой была осуществлена динамическая характеристика углеродного бюджета лесов России по данным последовательных учетов лесного фонда и архивам официальных статистических материалов.

При поддержке бывшего директора ЦЭПЛ РАН Г.Н. Коровина совокупность разработанных методик была сведена в систему региональной оценки бюджета углерода лесов (РОБУЛ) (Замолодчиков и др., 2011, 2013а, 2013б). Для системы было разработано программное обеспечение, открыто представленное на сайте ЦЭПЛ РАН

(<http://old.cepl.rssi.ru/regional.htm>). Программное обеспечение РОБУЛ реализовано в виде расчетных таблиц Microsoft Excel, что обеспечивает пользователю доступ ко всем промежуточным этапам расчета. Программное обеспечение снабжено инструкцией и примерами использования, что облегчает самостоятельное освоение программы. Любой научный работник или служащий органов управления лесами, имеющий доступ к данным Государственного лесного реестра, может самостоятельно провести расчеты для соответствующего лесного региона.

При выборе методики РОБУЛ в качестве базовой для составления национального доклада о кадастре 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 национального доклада о кадастре парниковых газов в 2009-2010 г., что привело к полному перерасчету углеродного бюджета управляемых лесов в национальном докладе о кадастре парниковых газов, представленном в 2011 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 Государственного лесного реестра, 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 лесопользования, в частности, уровнями пожарных нарушений. 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 древесной (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, впервые 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 РФ. Распределение субъектов РФ по 12 зонально-региональным полигонам представлено в таблице 6.14.

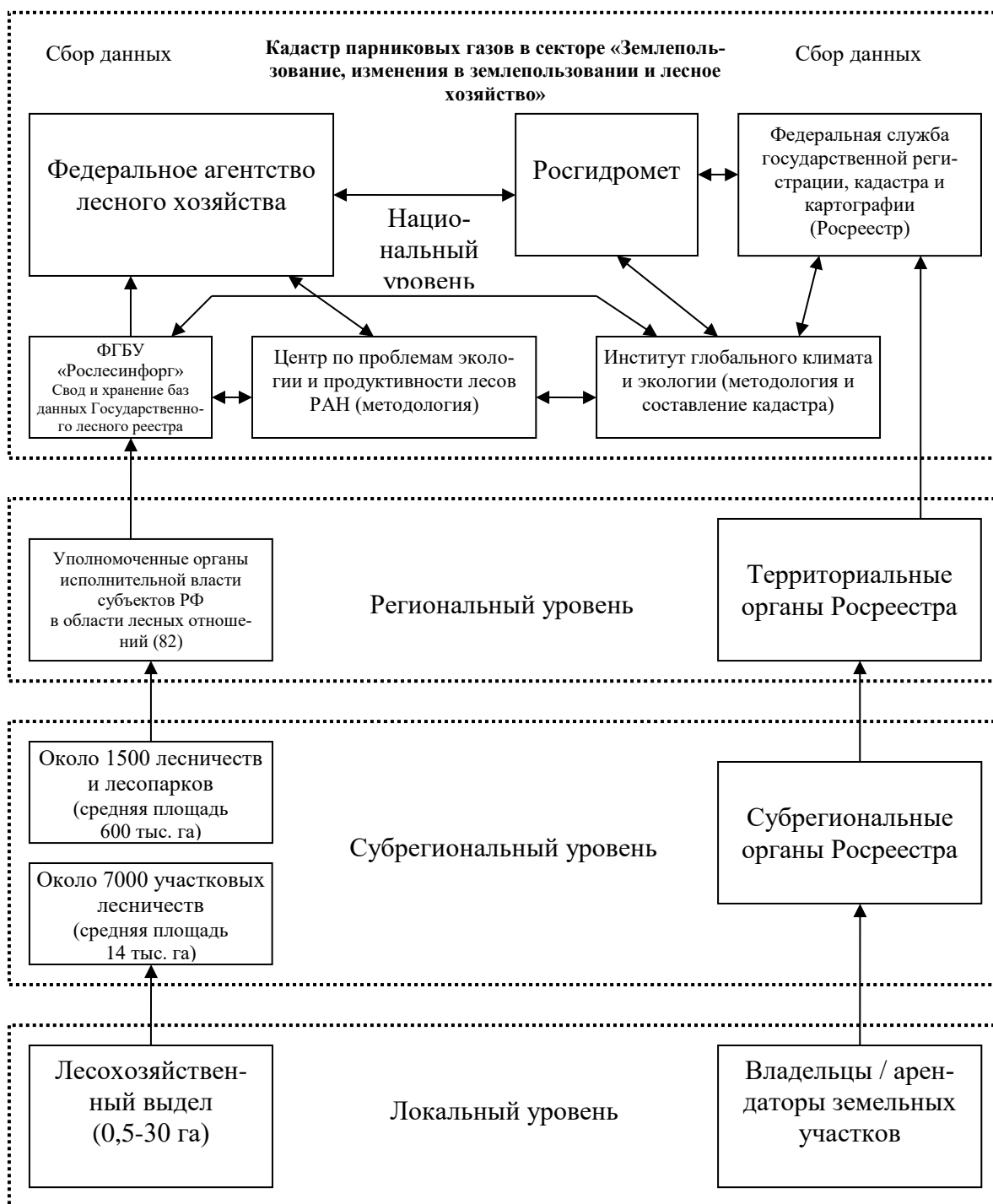


Рисунок 6.12 – Элементы национальной системы Российской Федерации по оценке выбросов и абсорбции парниковых газов в секторе «Землепользование, изменение в землепользовании и лесное хозяйство», включая сбор данных о деятельности

Таблица 6.14

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 автономный округ, Эвенкийский автономный округ
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 автономный округ
Дальний Восток, северная тайга	Корякский автономный округ, Магаданская область, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ
Дальний Восток, средняя тайга	Амурская область, Камчатская область, 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 РФ) к одному из 12 зонально-региональных полигонов (табл. 6.14) 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), за исключением коэффициентов для каменной березы и кедрового стланика, которые даны по другому источнику (Замолотчиков и др., 2003).

Расчет запаса углерода в фитомассе древостоев по группам возраста преобладающих пород в пределах оцениваемого объекта проводится по уравнению (6.1):

$$CP_{ij} = V_{ij} KP_{ij} \quad (6.1)$$

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 , $m^3 \text{ га}^{-1}$ (по данным ГЛР);

KP_{ij} – конверсионный коэффициент для расчета запаса углерода в фитомассе древостоев группы возраста i преобладающей породы j , т С m^{-3} (приведены в таблице 6.15 и в приложении 3.2).

Таблица 6.15

Конверсионные коэффициенты (т С m^{-3}) для расчета запаса углерода в фитомассе древостоя по объемному запасу древесины лесного насаждения (по Schepaschenko et al., 2017 с дополнениями по: Замолотчиков и др., 2003)

Преобладающая порода	Зона	Группа возраста			
		Молодняки I и II классов возраста	Средне-возрастные	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. 6.16), оценивается средняя годовичная 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 годовичного значения на соответствующую площадь (уравнение 6.4). Средняя годовичная 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.

Расчет абсорбции углерода пулом фитомассы ведется по совокупности уравнений 6.2-6.4:

$$MCP_{ij} = CP_{ij} / S_{ij} \quad (6.2)$$

$$MAbP_{ij} = [(MCP_{ij} - MCP_{i-1j}) / (TI_{i-1j} + TI_{ij}) + (MCP_{i+1j} - MCP_{ij}) / (TI_{ij} + TI_{i+1j})] \quad (6.3)$$

$$AbP_{ij} = S_{ij} \cdot MAbP_{ij} \quad (6.4)$$

- 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 годовичная 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. 6.16), лет;
 TI_{i-1j} – временной интервал возрастной группы $i-1$ преобладающей породы j (табл. 6.16), 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+1j} – временной интервал возрастной группы $i+1$ преобладающей породы j (табл. 6.16), лет;
 AbP_{ij} – годовичная абсорбция углерода пулом фитомассы насаждений возрастной группы i преобладающей породы j , т С год⁻¹.

Таблица 6.16

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

Продолжение таблицы 6.16

Преобладающая порода	Зона	Временной интервал возрастной группы, лет					
		Молодняки 1 класса возраста	Молодняки 2 класса возраста	Средневозрастные	Приспевающие	Спелые	Перестойные
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 стланник	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

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 годовых 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 годовые темпы нарушений. Времена зарастания (табл. 6.17) были оценены путем сравнения статистических данных по масштабам нарушений и площадей вырубок и гарей из материалов ГУЛФ и ГЛР. Оценка средних годовых темпов нарушений в лесном фонде оцениваемого объекта осуществляется по уравнениям 6.5 и 6.6.

$$ASF = SB / TRB \quad (6.5)$$

где: ASF – годовая площадь деструктивных лесных пожаров, га год⁻¹;
SB – площадь гарей (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га;

TRB – время заращения гарей (табл. 6.16), лет.

$$ASH = SC / TRC \text{ (6.6)}$$

где: ASH – годовая площадь сплошных рубок, га год⁻¹;

SC – площадь вырубок (по материалам ГЛР или ГУЛФ), га;

TRC – время заращения вырубок (табл. 6.16), лет.

В материалах ГЛР и ГУЛФ для площадей вырубок и гарей приводятся лишь суммарные значения по оцениваемому объекту (лесничество или лесхоз, субъект РФ). 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 6.17

Времена заращения вырубок и гарей по субъектам РФ

Субъект РФ	Время заращения, 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
Северо-Кавказский федеральный округ		
Республика Дагестан	5	10
Республика Ингушетия	7	13
Кабардино-Балкарская Республика	4	8
Карачаево-Черкесская Республика	4	8

Продолжение таблицы 6.17

Субъект РФ	Время застания, лет	
	вырубки	гари
Республика Северная Осетия-Алания	4	7
Чеченская Республика	7	13
Ставропольский край	3	6
Прииволжский 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 Бурятия	6	13
Республика Тыва	2	5
Республика Хакасия	2	5
Алтайский край	6	12
Забайкальский край (в границах бывш. Читинской обл.)	6	11
Забайкальский край (Агинский Бурятский округ)	6	13
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 Саха (Якутия)	6	13
Приморский край	2	3
Хабаровский край	6	13
Амурская область	5	10
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):

$$LsPH = ASHCP_m / S_m \quad (6.7)$$

где: $LsPH$ – годовые потери углерода пулом фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год⁻¹;
 ASH – годовая 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):

$$LsPF = ASFCP_a / S_a \quad (6.8)$$

где: $LsPF$ – годовые потери углерода пулом фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при пожарах, т С год⁻¹;
 ASF – годовая 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 – годовая абсорбция углерода пулом фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год⁻¹;
 $LsPH$ – годовые потери углерода пулом фитомассы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год⁻¹;
 $LsPF$ – годовые 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 непереносимое свойство российских лесов. В настоящей методике использованы результаты детального исследования динамики запасов мертвой древесины в лесных экосистемах (Замолотчиков, 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):

$$CD_{ij} = V_{ij} KD_{ij} \quad (6.10)$$

где: CD_{ij} – запас углерода в мертвой древесине насаждений группы возраста i преобладающей породы j , т С;
 V_{ij} – объемный запас стволовой древесины насаждений группы возраста i преобладающей породы j , м³ (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 6.18).

Таблица 6.18

Конверсионные коэффициенты ($т\ С\ м^{-3}$) для расчета запаса углерода в мертвой древесине по объемному запасу древесины лесного насаждения

Преобладающая порода	Мак роре-регион	Зона	Группа возраста					
			молодня-ки 1 клас-са возрас-та	молодня-ки 2 клас-са возрас-та	средневоз-растные	приспева-ющие	спелые	перестой-ные
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
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

Продолжение таблицы 6.18

Преобладающая порода	Макрорегион	Зона	Группа возраста					
			молодняки 1 класса возраста	молодняки 2 класса возраста	средневозрастные	приспевающие	спелые	перестойные
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
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

Продолжение таблицы 6.18

Преобладающая порода	Макрорегион	Зона	Группа возраста					
			молодняки 1 класса возраста	молодняки 2 класса возраста	средневозрастные	приспевающие	спелые	перестойные
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
Кедровый стланик	4	3	0,0169	0,0411	0,0534	0,0459	0,0301	0,0392
	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
Прочие кустарники	4	3	0,0495	0,0609	0,1741	0,2027	0,2737	0,2869
	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.

$$MCD_{ij} = CD_{ij} / S_{ij} \quad (6.11)$$

$$MAbD_{ij} = [(MCD_{ij} - MCD_{i-1j}) TI_{ij} / (TI_{i-1j} + TI_{ij}) + (MCD_{i+1j} - MCD_{ij}) TI_{ij} / (TI_{ij} + TI_{i+1j})] / TI_{ij} \quad (6.12)$$

$$AbD_{ij} = S_{ij} MAbD_{ij} \quad (6.13)$$

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 годовая 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. 6.16), лет;

- TI_{i-1j} – временной интервал возрастной группы $i-1$ преобладающей породы j (табл. 6.16), 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+1j} – временной интервал возрастной группы $i+1$ преобладающей породы j (табл. 6.16), лет;
 AbD_{ij} – годовичная абсорбция углерода пулом мертвой древесины насаждений возрастной группы i преобладающей породы j , т С год⁻¹.

Средняя годовичная 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 годовичных 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: $LsDH$ – годовичные потери углерода пулом мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год⁻¹;
 ASH – годовичная 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: $LsDF$ – годовичные потери углерода пулом мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта при пожарах, т С год⁻¹;
 ASF – годовичная 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 – годовичный бюджет углерода по пулу мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год⁻¹;
 AbD – годовичная абсорбция углерода пулом мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год⁻¹;
 $LsDH$ – годовичные потери углерода пулом мертвой древесины покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год⁻¹;
 $LsDF$ – годовичные 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, специ-

фичными для зонально-региональных полигонов. Стабильные низкие запасы углерода подстилки присутствуют на временно непокрытых лесом землях (гари, вырубки), стабильные высокие – в лесных насаждениях старших возрастов (Замолотчиков 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 (Замолотчиков и др., 2007; Честных и др., 2007) и приведены в таблицах 6.19, 6.20, 6.21.

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_{ij} – запас углерода в подстилке насаждений группы возраста i преобладающей породы j , т С;

S_{ij} – площадь насаждений группы возраста i преобладающей породы j , га (по данным ГЛР);

KL_{ij} – средний запас углерода в подстилке насаждений группы возраста i преобладающей породы j , т С га⁻¹ (приведены в таблицах 6.19, 6.20, 6.21).

Таблица 6.19

Средние значения запаса углерода подстилки (т С га⁻¹) в молодняках I 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

Продолжение таблицы 6.19

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
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 6.20

Средние значения запаса углерода подстилки ($m C ga^{-1}$) 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
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 6.21

Средние значения запаса углерода подстилки ($t\ C\ га^{-1}$) 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 6.22. 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 6.22

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.

$$\text{MabL}_{ij} = [(MCL_{ij} - MCL_{i-1j}) \text{TI}_{ij} / (\text{TI}_{i-1j} + \text{TI}_{ij}) + (MCL_{i+1j} - MCL_{ij}) \text{TI}_{ij} / (\text{TI}_{ij} + \text{TI}_{i+1j})] / \text{TI}_{ij} \quad (6.18)$$

при $i-1=0$ $\text{TI}_{i-1j}=0$; при любых $i+1$, начало которых ≥ 20 лет, $\text{TI}_{i+1j}=0$

$$\text{AbL}_{ij} = S_{ij} \text{MabL}_{ij} \quad (6.19)$$

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 годовая абсорбция углерода пулом подстилки насаждений возрастной группы i преобладающей породы j , $\text{т С га}^{-1} \text{ год}^{-1}$;

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. 6.16);

- TI_{i-1j} – временной интервал возрастной группы $i-1$ преобладающей породы j (табл. 6.16), 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. 6.19-6.21);
- TI_{i+1j} – временной интервал возрастной группы $i+1$ преобладающей породы j (табл. 6.15), лет;
- AbL_{ij} – годовая 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. 6.16), 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: $LsLH$ – годовые потери углерода пулом подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год⁻¹;
- ASH – годовая 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 пула подстилки при деструктивных лесных пожарах рассчитываются по уравнению (6.21).

$$LsLF = ASF (CL_a / S_a - MCL_{0a}) \quad (6.21)$$

- где: $LsLF$ – годовые потери углерода пулом подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта при деструктивных лесных пожарах, т С год⁻¹;
- ASF – годовая площадь деструктивных лесных пожаров, 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: BP – годичный бюджет углерода по пулу подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год⁻¹;
- AbL – годовая абсорбция углерода пулом подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год⁻¹;
- $LsLH$ – годовые потери углерода пулом подстилки покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год⁻¹;
- $LsLF$ – годовые 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; Замолотчиков и др., 2007) и приведены в таблицах 6.23, 6.24 и 6.25. Расчет запаса углерода в почве насаждений преобладающих пород в пределах оцениваемого объекта проводится по уравнению (6.23):

$$CS_{ij} = S_{ij} KS_{ij} \quad (6.23)$$

где: CS_{ij} – запас углерода в слое почвы 0-30 см под насаждениями группы возраста i преобладающей породы j , т С;

S_{ij} – площадь насаждений группы возраста i преобладающей породы j , га (по данным ГЛР);

KS_{ij} – средний запас углерода в слое почвы 0-30 см под насаждениями группы возраста i преобладающей породы j , т С га⁻¹ (приведены в таблицах 6.23, 6.24 и 6.25).

Таблица 6.23

Средние значения запаса углерода слоя почвы 0-30 см (т С га⁻¹) в молодняках I 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
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 6.24

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 6.25

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
Береза	1	14,7	2,7	2,7	2,7

Продолжение таблицы 6.25

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	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 6.25-6.26.

$$MabS_{ij} = [(MCS_{ij} - MCS_{i-1j}) TI_{ij} / (TI_{i-1j} + TI_{ij}) + (MCS_{i+1j} - MCS_{ij}) TI_{ij} / (TI_{ij} + TI_{i+1j})] / TI_{ij} \quad (6.24)$$

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 годовая 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. 6.23-6.25, для $i=0$ – табл. 6.26);
 TI_{ij} – временной интервал возрастной группы i преобладающей породы j (табл. 6.16), лет;
 TI_{i-1j} – временной интервал возрастной группы $i-1$ преобладающей породы j (табл. 6.16), лет;

- MCS_{+ij} – 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. 6.16), лет;
- AbS_{ij} – годовая абсорбция углерода пулом почвы насаждений возрастной группы i преобладающей породы j , т С год⁻¹.

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 6.26. Расчет потерь углерода почвы при сплошных рубках выполняется по уравнению (6.26).

$$LsSH = ASH (CS_m / S_m - MCS_{0m}) \quad (6.26)$$

- где: $LsSH$ – годовые потери углерода пулом почвы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год⁻¹;
- ASH – годовая 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).

$$LsSF = ASF (CS_a / S_a - MCS_{0a}) \quad (6.27)$$

- где: $LsSF$ – годовые потери углерода пулом почвы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при деструктивных лесных пожарах, т С год⁻¹;
- ASF – годовая площадь деструктивных лесных пожаров, 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.

Таблица 6.26

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

Продолжение таблицы 6.26

Преобладающая порода	Зона	Макрорегион			
		1	2	3	4
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
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

Годичный бюджет углерода по пулу почвы проводится по формуле:

$$BS = AbS - LsSH - LsSF \quad (6.28)$$

где: BS – годичный бюджет углерода по слою почвы 0-30 см покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год⁻¹;

AbS – годовая абсорбция углерода слоем почвы 0-30 см покрытых лесом земель оцениваемого объекта, т С год⁻¹;

LsSH – годовые потери углерода пулом почвы покрытых лесом земель оцениваемого объекта при сплошных рубках, т С год⁻¹;

LsSF – годовые 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 CO₂, CH₄ и N₂O от осушения органических лесных почв

Начиная с кадастра 2014 года расчеты выброса CO₂ выполняются с использованием метода уровня 1 и коэффициентов из нового руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013). Согласно рекомендациям, содержащимся в главе 2, раздел 2.2.1, выбросы CO₂ при осушении заболоченных лесных земель складываются от разложения органического вещества почв (EF_CO₂_on-site) и при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO₂_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

EF_CO₂_on-site = 0,59 тонн 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_CO₂_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 N₂O при осушении лесных земель использованы те же исходные данные по площадям торфоразработок, как и при оценке выброса CO₂. 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 CH₄ впервые рассчитаны в кадастре 2014 года. Оценка проведена в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2013). Используются следующие коэффициенты:

Frac_ditch = 0,025 (табл. 2.4, раздел 2.2.2.1, для осушенных лесов бореальной/умеренной зон);

EF_land = 4,5 CH₄ кг/га/год (полученный на основе коэффициентов выбросов для бедных элементами минерального питания органических почв – 7 кг CH₄/га/год и для богатых элементами минерального питания органических почв – 2 кг CH₄/га/год (табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, для осушенных лесов бореальной/умеренной зон) с учетом равного соотношения площадей богатых и бедных органических почв);

EF_ditch = 217 CH₄ 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 CH₄ 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):

$$L_{\text{пожар}} = A M_B C_f G_{\text{ef}} 10^{-3} \quad (6.30)$$

где: $L_{\text{пожар}}$ – количество выбросов парниковых газов от пожара; тонн каждого парникового газа, например, CO_2 , CH_4 , N_2O и т.д.,

A – выжигаемая площадь, га,

M_B – масса доступного для горения топлива, тонн/га. Сюда входят фитомасса, подстилка и мертвая древесина. Средний запас фитомассы, подстилки, мертвой древесины (таблица 6.27) 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. Используются значения 0,43 для верхового 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 6.27

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 $\pm 15\%$, для остальных насаждений $\pm 20\%$, при этом для малоценных и низкобонитетных насаждений $\pm 25\%$. Для расчетов неопределенности принята средняя точность таксации запасов на выделах $\pm 20\%$. Эта величина подтверждается рядом публикаций (Елизаров, Мошкалев, 1963; Лебков, 1965; Филиппов, 1975), рассматривающих различные способы таксации. Для расчетов принята точность определения площадей выделов $\pm 10\%$ согласно лесоустроительной инструкции. Согласно опубликованным данным (Schepashenko et al., 2017), неопределенность конверсионных коэффициентов для пула фитомассы принята $\pm 10\%$, мертвой древесины – $\pm 32\%$, подстилки – $\pm 62\%$, органического вещества почв – $\pm 60\%$.

Неопределенность оценок выбросов метана и закиси азота от пожаров складывается из неопределенности оценок площадей пожаров $\pm 20\%$ и неопределенности коэффициентов выбросов (для метана – $\pm 70\%$, для закиси азота – $\pm 60\%$). Следует отметить, что неопределенность площадей пожаров при наземном методе учета не превышает $\pm 3\%$ (применяется для

8,5% территории лесов). Однако при переходе к использованию методов аэровизуального и космического мониторинга точность учета площадей пожаров падает и для данных дистанционного зондирования может составить до $\pm 30\%$ (применяется на 37,8% территории всех лесов, включая неуправляемые леса). Средневзвешенное значение неопределенности исходных данных о площадях пожаров на территории управляемых лесов составляет около $\pm 19,6\%$. Таким образом, для оценки неопределенности расчетов выбросов от пожаров в кадастре используется средневзвешенное значение $\pm 20\%$.

Приведенные в настоящем докладе величины выбросов и стоков 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; Замолотчиков и др., 2013).

6.4.1.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

Пересчеты в данной подкатегории, выполненные при подготовке настоящего кадастра, связаны с использованием уточненных конверсионных коэффициентов для фитомассы (Schepaschenko et al., 2017) и включением в расчет изменений запасов углерода в фитомассе и мертвой древесине перестойных насаждений.

Перерасчеты поглощения и выбросов парниковых газов управляемыми лесами будут проводиться по мере получения уточненной статистической информации, усовершенствования методов расчетов и пересчетных коэффициентов.

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 национальный доклад о кадастре 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).

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 6.28

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	Площадь нарастающим итогом, тыс. га	Ежегодная площадь, тыс. га год ⁻¹	Площадь нарастающим итогом, 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	1066,324	2,101	1104,955
2005	5,660	1127,199	0,351	1115,479
2007	5,438	1136,592	1,001	1117,545
2008	4,347	1140,939	0,336	1117,881
2009	3,141	1144,080	0,095	1117,976
2010	6,229	1150,309	0,353	1118,329
2011	5,415	1155,724	0,302	1118,631
2012	2,146	1157,870	0,152	1118,783
2013	4,598	1162,468	0,021	1118,804
2014	4,104	1166,572	0,051	1118,855
2015	3,578	1170,150	0,056	1118,911
2016	3,152	1173,302	0,018	1118,929

Примечание: * - значение площадей сохранившихся насаждений в конце периода

Результаты расчетов поглощения всеми пулами противоэрозионных и полезащитных насаждений с учетом нарушений представлены в таблицах 6.29, 6.30, 6.31 и на рисунке 6.13.

Хотя темпы создания защитных лесных насаждений резко снизились, нетто-поглощение углерода созданными насаждениями сохраняется на относительно высоком уровне (рис. 6.13), достигнув к 2016 г. 3063 тыс.т С 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 2016 г. составляет около 67% от общего накопления углерода всеми защитными насаждениями, созданными после 1990 г. Причиной этому являются значительно большие площади создаваемых противоэрозионных насаждений (69% 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.

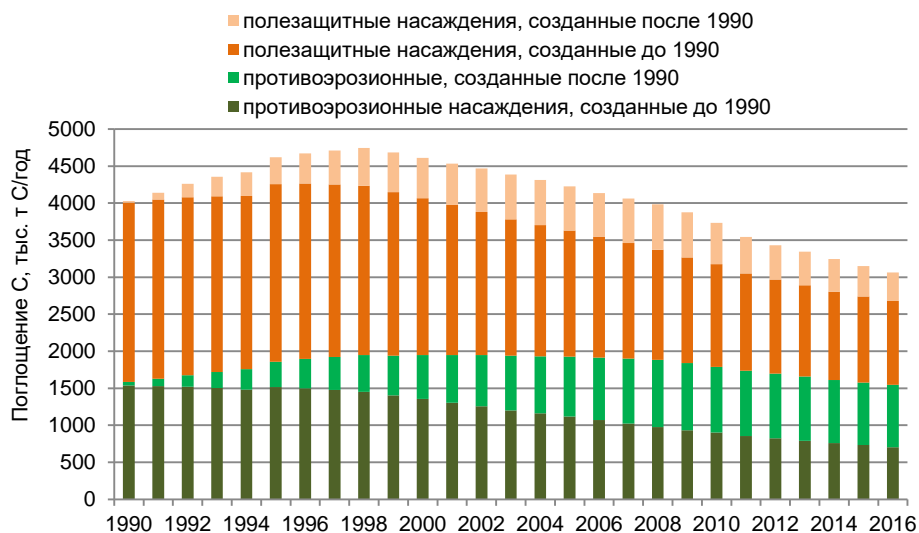


Рисунок 6.13 – Динамика нетто-поглощения углерода всеми пулами противоэрозионных и полезащитных лесонасаждений, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации до и после 1990 г.

Согласно рекомендациям Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению национального кадастра, для расчетов возможных потерь углерода в результате нарушений был использован понижающий коэффициент 0,33, рассчитанный на основе данных, представленных в национальном докладе Канады. Этот коэффициент был использован для расчета потерь по всем пулам углерода (рис. 6.13). По рекомендациям группы по проверке, используя консервативный подход, сделали 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 6.32.

Таблица 6.32

Выбросы CO_2 , CH_4 , N_2O , CO и NO_x от пожаров на облесенных землях

Год	Потребление топливной фитомассы, тыс. т	Величина выброса, тыс. тонн год ⁻¹					
		CO_2	CH_4	CO	N_2O	NO_x	NMVOC
1990	1404,4	2203,5	6,6	150,3	0,4	4,2	41,1
1995	1624,7	2549,2	7,6	173,8	0,4	4,9	47,6
2000	1649,8	2588,6	7,8	176,5	0,4	4,9	48,3
2005	1528,4	2398,1	7,2	163,5	0,4	4,6	44,8
2007	1479,8	2321,7	7,0	158,3	0,4	4,4	43,4
2008	1456,9	2285,9	6,8	155,9	0,4	4,4	42,7
2009	1421,6	2230,6	6,7	152,1	0,4	4,3	41,7
2010	1381,4	2167,3	6,5	147,8	0,4	4,1	40,5
2011	1323,1	2075,9	6,2	141,6	0,3	4,0	38,8
2012	1293,8	2030,0	6,1	138,4	0,3	3,9	37,9
2013	1266,0	1986,3	6,0	135,5	0,3	3,8	37,1
2014	1232,2	1933,3	5,8	131,8	0,3	3,7	36,1
2015	1198,7	1880,7	5,6	128,3	0,3	3,6	35,1
2016	1166,1	1829,7	5,5	124,8	0,3	3,5	34,2

Таблица 6.29

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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Противоэрозионные насаждения														
фитомасса	976,5	993,9	912,8	785,2	736,6	712,3	687,9	663,0	628,3	604,0	579,6	555,5	532,6	509,9
мертвая древесина	226,6	247,6	236,2	199,8	183,6	172,5	170,2	166,4	158,2	151,9	144,5	141,9	138,3	133,3
подстилка	38,2	28,7	18,6	8,4	4,3	2,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
почва	295,1	247,1	188,3	123,9	99,1	86,7	74,3	72,5	69,0	67,2	65,3	63,5	61,6	59,8
все пулы	1536,4	1517,4	1355,9	1117,3	1023,6	973,7	932,6	902,1	855,8	823,3	789,6	761,0	732,7	703,2
Полезащитные насаждения														
фитомасса	1708,2	1741,9	1585,2	1322,3	1234,6	1191,8	1148,9	1109,8	1047,2	1010,4	973,6	939,1	909,2	880,7
мертвая древесина	312,7	328,1	282,2	223,5	203,0	188,2	190,3	189,8	183,4	179,7	175,4	178,1	180,0	179,8
подстилка	43,9	33,0	21,2	9,4	4,7	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
почва	358,9	300,6	229,0	150,7	120,5	105,5	90,4	88,2	84,0	81,7	79,5	77,2	74,9	72,7
все пулы	2423,7	2403,6	2117,7	1705,8	1562,9	1487,8	1429,7	1387,7	1314,6	1271,8	1228,5	1194,4	1164,1	1133,2
Все защитные насаждения														
фитомасса	2684,7	2735,8	2498,0	2107,5	1971,3	1904,1	1836,8	1772,8	1675,6	1614,5	1553,2	1494,6	1441,8	1390,6
мертвая древесина	539,4	575,7	518,5	423,3	386,6	360,7	360,5	356,2	341,6	331,6	319,9	320,0	318,2	313,1
подстилка	82,1	61,7	39,8	17,8	9,0	4,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
почва	653,9	547,7	417,4	274,5	219,6	192,2	164,7	160,6	153,0	148,9	144,8	140,7	136,6	132,4
все пулы	3960,1	3920,9	3473,6	2823,1	2586,5	2461,6	2362,2	2289,8	2170,4	2095,2	2018,1	1955,4	1896,8	1836,3

Таблица 6.30

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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Противоэрозионные насаждения														
фитомасса	0,1	166,6	318,2	445,3	481,2	494,4	506,5	518,2	527,4	534,7	541,6	547,2	549,5	551,8
мертвая древесина	0,0	13,7	53,9	97,7	122,4	138,7	122,8	123,8	127,0	133,0	138,0	126,1	127,7	132,3
подстилка	6,3	21,2	29,6	35,6	36,6	37,0	37,3	31,7	28,5	25,4	23,0	20,6	18,7	17,7
почва	40,5	136,5	190,1	229,2	235,3	238,1	240,1	211,6	195,9	180,5	168,4	156,8	147,4	142,5
все пулы	46,9	338,0	591,6	807,8	875,4	908,1	906,7	885,3	878,7	873,6	870,9	850,8	843,3	844,3
Полезащитные насаждения														
фитомасса	0,0	214,8	338,3	385,2	388,8	389,1	389,5	385,2	377,3	369,1	363,2	355,6	343,0	325,4
мертвая древесина	0,0	31,3	82,9	79,2	80,5	93,9	85,5	58,8	37,2	41,5	46,0	41,7	28,4	19,9
подстилка	2,9	14,9	15,9	16,9	17,1	17,1	17,1	14,3	8,8	4,5	3,6	2,9	2,4	2,1
почва	19,4	100,7	107,7	114,5	115,8	116,0	116,1	100,8	71,1	47,5	42,6	38,9	35,9	34,7
все пулы	22,3	361,6	544,9	595,7	602,2	616,1	608,2	559,1	494,5	462,6	455,4	439,2	409,6	382,1
Всего защитных насаждений														
фитомасса	0,2	381,4	656,5	830,5	870,0	883,5	896,0	903,4	904,7	903,7	904,9	902,9	892,5	877,2
мертвая древесина	0,0	44,9	136,8	176,8	202,9	232,6	208,3	182,6	164,2	174,5	184,0	167,8	156,1	152,1
подстилка	9,2	36,1	45,4	52,5	53,7	54,1	54,5	46,0	37,3	29,9	26,6	23,5	21,1	19,8
почва	59,8	237,2	297,8	343,7	351,1	354,1	356,2	312,4	267,0	228,1	211,0	195,7	183,3	177,3
все пулы	69,2	699,6	1136,5	1403,5	1477,6	1524,2	1514,9	1444,3	1373,2	1336,2	1326,4	1289,9	1252,9	1226,4

Таблица 6.31

Оценка нетто-поглощения CO₂ всеми пулами защитных насаждений при облесении сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации (с учетом потерь углерода в результате нарушений)

Виды насаждений	Нетто-поглощение CO ₂ , тыс. т CO ₂ год ⁻¹													
	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Противоэрозионные насаждения, созданные до 1990	5633,6	5563,8	4971,6	4096,7	3753,2	3570,4	3419,4	3307,7	3137,9	3018,9	2895,2	2790,5	2686,5	2578,3
Полезащитные насаждения, созданные до 1990	8886,9	8813,0	7764,8	6254,6	5730,7	5455,4	5242,1	5088,3	4820,3	4663,4	4504,6	4379,5	4268,3	4154,9
Всего по защитным насаждениям, созданным до 1990 г.	14520,5	14376,8	12736,4	10351,3	9483,9	9025,8	8661,5	8396,0	7958,2	7682,3	7399,7	7170,0	6954,8	6733,3
Противоэрозионные, созданные после 1990	171,8	1239,2	2169,3	2962,1	3210,0	3329,8	3324,6	3246,0	3221,9	3203,3	3193,5	3119,6	3092,2	3095,8
Полезащитные насаждения, созданные после 1990	81,7	1326,0	1997,9	2184,2	2208,0	2259,2	2230,1	2049,9	1813,1	1696,1	1670,0	1610,2	1501,8	1401,0
Всего по защитным насаждениям, созданным после 1990 г.	253,6	2565,2	4167,2	5146,3	5417,9	5588,9	5554,7	5295,9	5035,0	4899,5	4863,4	4729,8	4594,0	4496,8
Всего по противоэрозионным насаждениям, созданным до и после 1990 г.	5805,4	6803,0	7140,9	7058,7	6963,1	6900,2	6744,0	6553,7	6359,8	6222,3	6088,6	5910,0	5778,7	5674,1
Всего по полеззащитным насаждениям, созданным до и после 1990 г.	8968,6	10139,0	9762,7	8438,9	7938,7	7714,6	7472,2	7138,2	6633,4	6359,5	6174,6	5989,7	5770,1	5555,9
Итого	14774,0	16942,0	16903,6	15497,6	14901,8	14614,8	14216,1	13691,9	12993,2	12581,7	12263,2	11899,8	11548,8	11230,1

6.4.1.2.2 Методология сбора данных и расчетов

Формы лесохозяйственной статистики, содержащие необходимую для расчетов информацию за период с 1990 по 2016 гг., были предоставлены Росстатом (табл. 6.28) и Рослесхозом (табл. 6.33). 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. 6.34, 6.35), 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).

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. 6.32, 6.33).

Оценка динамики суммарного запаса углерода в фитомассе защитных насаждениях по уравнению (6.32):

$$CPA_{ij} = \sum_l CPA_{ijl} \quad (6.32)$$

где: CPA_{ij} – суммарный запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j ;

CPA_{ijl} – суммарный запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j , созданными в год l .

Оценка поглощения углерода фитомассой защитных насаждениях за данный год по уравнению (6.33):

$$CPAS_{ij} = CPA_{(i+1)j} - CPA_{ij} \quad (6.33)$$

где: $CPAS_{ij}$ – поглощение углерода фитомассой насаждений типа j за год i ;

CPA_{ij} – общий запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j ;

$CPA_{(i+1)j}$ – общий запас углерода, накопленный к следующему году $i+1$ фитомассой насаждений типа j .

При расчете поглощения углерода другими пулами защитных насаждений пользуются уравнениями, аналогичными уравнениям 6.31-6.33.

Таблица 6.33

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	Почвозащитные лесные полосы
Сосна	38,9	12,4
Ель	4,7	1,0
Лиственница	1,2	1,8
Дуб	4,3	2,0
Ясень	8,7	3,6
Белая акация	8,2	24,9
Береза	7,3	25,7
Тополь	6,5	18,9
Прочие лиственные	10,1	8,5
Черкез, джугун, терек	8,8	0,0
Прочие кустарниковые	1,6	1,2
Итого	100,0	100,0

Таблица 6.34

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 под-земная	Мертвая древесина	Подстилка	Почва	Итого
1	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	1,1
2	0,4	0,2	0,0	0,3	1,9	2,7
3	1,2	0,4	0,0	0,4	2,9	4,9
4	2,1	0,8	0,0	0,6	3,8	7,4
5	3,3	1,2	0,2	0,7	4,8	10,2
6	4,5	1,6	0,4	0,9	5,8	13,2
7	5,9	2,1	0,7	1,0	6,7	16,4
8	7,3	2,6	1,1	1,2	7,7	19,8
9	8,7	3,1	1,5	1,3	8,6	23,3
10	10,2	3,6	1,9	1,5	9,6	26,7
11	11,8	4,1	2,3	1,6	10,6	30,3
12	13,4	4,5	2,8	1,8	11,5	34,0
13	15,0	5,0	3,4	1,9	12,5	37,8
14	16,6	5,5	4,2	2,1	13,4	41,7
15	18,1	6,0	4,6	2,2	14,4	45,3
16	19,9	6,4	5,1	2,4	15,4	49,2
17	21,6	6,9	5,8	2,5	16,3	53,2
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

Таблица 6.35

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 под-земная	Мертвая древесина	Подстилка	Почва	Итого
1	0,0	0,0	0,0	0,14	1,0	1,1
2	0,9	0,3	0,0	0,3	1,9	3,5
3	2,2	0,9	0,0	0,4	2,9	6,4
4	3,7	1,6	0,1	0,6	3,8	9,8
5	5,3	2,1	0,6	0,7	4,8	13,5
6	6,9	2,8	1,1	0,8	5,8	17,4
7	9,1	3,5	1,8	1,0	6,7	22,1
8	11,2	4,3	2,7	1,1	7,7	27,0
9	13,5	5,0	4,0	1,3	8,6	32,5
10	15,9	5,8	4,4	1,4	9,6	37,1
11	18,6	6,5	5,1	1,6	10,6	42,4
12	21,3	7,3	5,9	1,7	11,5	47,7
13	24,0	8,0	6,9	1,8	12,5	53,2

Год	Пул углерода, т С га ⁻¹					
	Фитомасса надземная	Фитомасса подземная	Мертвая древесина	Подстилка	Почва	Итого
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

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 неопределенностью статистических данных по площадям облесения и конверсионных коэффициентов. Точность статистических исходных данных по площадям создаваемых противоэрозионных и полевых насаждений оценивается не более $\pm 5\%$, неопределенность конверсионных коэффициентов принята такой же, как и для лесных земель, остающихся лесными землями.

Неопределенность оценок выбросов метана и закиси азота от пожаров складывается из неопределенности оценок площадей пожаров $\pm 20\%$ и неопределенности коэффициентов выбросов (для метана – $\pm 70\%$, для закиси азота – $\pm 60\%$). Следует отметить, что неопределенность площадей пожаров при наземном методе учета не превышает $\pm 3\%$ (применяется для 8,5% территории лесов). Однако при переходе к использованию методов аэровизуального и космического мониторинга точность учета площадей пожаров падает и для данных дистанционного зондирования может составить до $\pm 30\%$ (применяется на 37,8% территории всех лесов, включая неуправляемые леса). Средневзвешенное значение неопределенности исходных данных о площадях пожаров на территории управляемых лесов составляет около $\pm 19,6\%$. Таким образом, для оценки неопределенности расчетов выбросов от пожаров в кадастре используется средневзвешенное значение $\pm 20\%$.

Приведенные в настоящем докладе величины выбросов и стоков 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 связаны с уточнением данных о темпах накопления углерода органическим веществом почвы согласно новым оценкам (Kurganova et al., 2014). В настоящем кадастре собраны исходные данные о площадях противоэрозионных и полевых насаждений, созданных с 1946 года по 1989 гг., и дана оценка вклада этих насаждений в ежегодное изменение запасов углерода с 1990 по 2016 гг.

6.4.2 Пахотные и другие земли сельскохозяйственного назначения (раздел 4.В ОФД)**6.4.2.1 Постоянно обрабатываемые пахотные и другие земли сельскохозяйственного назначения (раздел 4.В.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 РФ за период с 1990 по 2016 гг. не проводилось, поэтому соответствующие таблицы ОФД заполнены стандартным указателем «не происходило» («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 2016 гг. приведены в таблице 6.36.

Таблица 6.36

Площади многолетних насаждений и нетто изменение запасов углерода их живой биомассы («+» накопление, «-» потери)

Годы	Площадь многолетних насаждений, тыс. га	Сокращение площади многолетних насаждений по сравнению с предыдущим годом, тыс. га	Накопление углерода в оставшейся растущей биомассе, тыс. тонн	Потери углерода при вырубке или гибели многолетних насаждений, тыс. тонн	Годовая нетто углерода на площади многолетних насаждений, 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
2007	603,2	12,4	1266,7	781,2	485,5
2008	601,1	2,1	1262,3	132,3	1130,0
2009	596,3	4,8	1252,2	302,4	949,8
2010	582,5	13,8	1223,3	869,4	353,9
2011	579,4	3,1	1216,8	192,4	1024,5
2012	570,5	8,9	1198,0	564,4	633,6
2013	566,3	4,2	1189,3	262,0	923,1
2014	601,8	0	1263,9	0,0	1263,9
2015	597,9	3,9	1255,6	247,0	1008,6
2016	605,9	0	1272,45	0,0	1272,5

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.

Ежегодный баланс углерода на минеральных почвах постоянных пахотных земель. На основании полученных оценок поступления и выноса углерода был составлен общий ежегодный баланс

углерода на пахотных землях за период 1990-2016 гг. (рис. 6.14). Положительные величины показывают поступление углерода в агроценозы, а отрицательные – его потери. Как следует из рисунка 6.13, общий годовой баланс углерода на пахотных землях России отрицательный в течение всего рассматриваемого периода и характеризуется нетто потерями углерода. Годовой нетто выброс углерода в расчете на гектар пахотных земель в стране представлен на рисунке 6.15.

Из приведенной диаграммы видно, что, в целом, эмиссия углерода с 1990 г. уменьшилась в 2, а в отдельные годы и в 3 раза. В период с 1990 по 2002 гг. происходило устойчивое снижение нетто потерь углерода в первую очередь за счет снижения дыхания почв. В дальнейшем, в течение 2003 – 2008 гг. тенденция снижения годовых нетто потерь углерода продолжалась, но уже за счет общей интенсификации сельского хозяйства, которая отразилась, в первую очередь, в росте средней урожайности зерновых культур. Так, в 2008 г. урожайность озимой пшеницы составила 33,9 ц/га; ячменя озимого – 41,2 ц/га; овса – 17,1 ц/га.

В 2010 году из-за аномально жаркого летнего периода тенденция снижения нетто потерь углерода почвами пашен была прервана ростом (на 14%) выбросов углерода в атмосферу. Основной причиной этого явилась массовая гибель посевов от засухи, сопровождавшей летнюю жару 2010 г. на территории Европейской территории РФ. 2012 г. ознаменовался новой температурной аномалией, на этот раз – на территории Западной Сибири и Урала. В результате чего в 2012 г. отмечалось снижение урожайности основных зерновых культур по сравнению с предыдущим годом, потери углерода почв возделываемых земель в расчете на 1 га в среднем по стране выросли на 46,9% по сравнению с 2011 г.

2013 и 2014 гг. были относительно благополучными: урожайность основных зерновых культур и их сбор выросли, что обусловило снижение выбросов CO₂ от пашен на 36,8% в 2013 и на 8% в 2014 г. по сравнению с предыдущим годом. В 2015 и 2016 гг. сохранилась тенденция снижения выбросов CO₂ от пашен на 17,6 % в 2015 и на 34,0 % в 2016 г. по сравнению с предыдущим годом.

Анализ точности расчетов изменений запасов углерода в пахотных почвах по разработанной модели приведен в разделе «Обеспечение и контроль качества» (см. ниже).

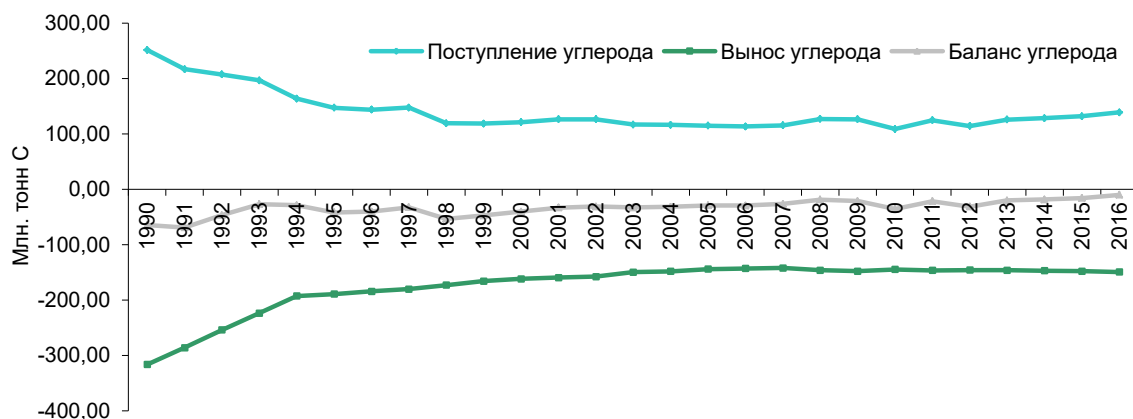


Рисунок 6.14 – Ежегодный баланс углерода в минеральных почвах возделываемых землях страны, млн. тонн C

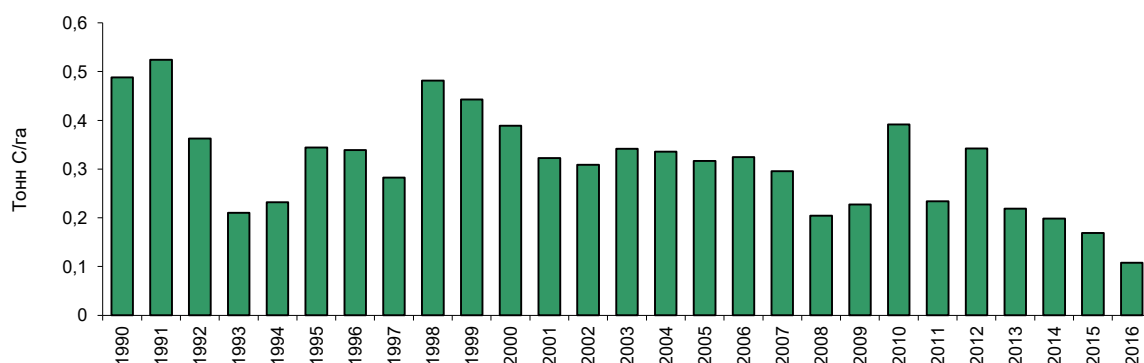


Рисунок 6.15 – Годовые нетто-потери углерода с одного гектара минеральных почв возделываемых земель, тонн C/га

Органические почвы постоянных пахотных земель. Результаты расчета выброса CO₂ и CH₄ от осушенных органических почв постоянных пахотных земель приведены в таблице 6.37.

Таблица 6.37

Потери углерода и выбросы метана с пахотных земель при обработке (осушении) органогенных почв, тыс. тонн

Годы	Площадь культивируемых органогенных почв, га/год	Потери углерода при культивации органогенных почв, тыс. тонн С	Выбросы CH ₄ при культивации органогенных почв, тыс. тонн CH ₄
1990	3813807	22592,0	222,2
1995	3480864	20619,7	202,8
2000	2979921	17652,3	173,6
2005	2630247	15580,9	153,2
2007	2556700	15145,2	148,9
2008	2552800	15122,1	148,7
2009	2555200	15136,3	148,8
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	146,0

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 2016 гг. взяты из официальной статистической информации Росстата и из ежегодных статистических сборников (Госкомстат, 1995, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2004, 2013, 2016; Росстат, 2005-2016; <http://www.gks.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⁻¹год⁻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» («не происходит»). 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

Минеральные почвы. Расчет ежегодного изменения запасов почвенного углерода пахотных земель проводился на основе балансовой оценки соединений углерода, поступающих в почвы и выносимых из них, согласно разработанной нами модели. При этом внесение органических и минеральных углеродсодержащих удобрений, известкование почв и остатки надземной и подземной биомассы культурных растений, рассматривались как статьи прихода (поступления) углерода в почву. Для расчета выноса углерода с возделываемых земель оценивали механические потери углерода почв с эрозией и дефляцией, а также при дыхании почв.

Согласно требованиям МГЭИК (2006) в данном разделе рассматривались пахотные земли, к которым относятся: посевные земли под культурными растениями, пар и площади многолетних насаждений. Исходные данные по площадям пахотных земель за период с 1990 по 2016 гг. были получены из официальной статистической информации и справочных изданий Росстата (Госкомстат, 1995, 1998, 2000, 2002, Росстат, 2004, 2009, 2011; Росстат, 2005-2016; <https://fedstat.ru>).

Поступление углерода в почвы. Для оценки содержания углерода в разных видах органических удобрений были использованы данные литературы (Массо, 1979; Минсельхоз СССР, 1983; Inoko, 1985; Кобак, 1988; Попов и др., 1988; Филиппова, 1988; Бамбалов, Янковская, 1994; Васильев, Мыц, 1996). Рассмотрены следующие виды органических удобрений: бесподстилочный навоз крупного рогатого скота (КРС), свиней, подстилочный навоз КРС, лошадей и овец, бесподстилочный и подстилочный помет, торфа (осоковый, тростниковый, древесно-тростниковый), солома, сидераты и некоторые виды компостов.

Согласно санитарным нормам, большинство органических удобрений, в частности навоз и помет, требуют хранения перед их внесением в пахотные почвы для дезинфекции. С этой целью навоз и помет хранится в среднем около 6 месяцев, в течение которых происходят потери органического углерода и азота. Поэтому данные по содержанию углерода в свежем веществе разных видов навоза и помета нами пересчитаны с учетом его средних потерь за время хранения (рис. 6.16).

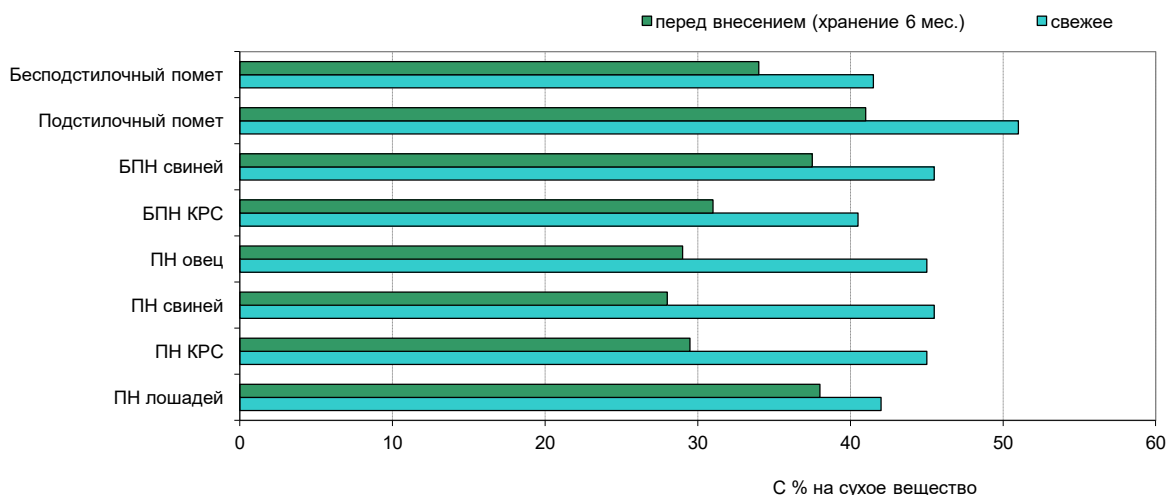


Рисунок 6.16 – Потери углерода разных видов навоза и помета при хранении

Статистические данные по внесению органических удобрений в почвы приводятся в физическом весе по всем видам органических удобрений в целом. Соответственно процентное содержание углерода переведено на сырой вес органических удобрений, подготовленных к внесению, которое составляет от 4% С в бесподстилочном навозе до 25% С в торфах (табл. 6.38). Средняя величина содержания углерода в органических удобрениях составляет 18,24% С, которая была использована нами в расчетах.

Поступление углерода с органическими удобрениями в почвы за период с 1990 по 2016 гг. приведено в таблице 6.39.

Таблица 6.38

Содержание углерода в сыром веществе разных видов органических удобрений, подготовленных к внесению в почвы

Вид органического удобрения	Среднее содержание углерода, % сырого вещества
Навоз	8,07
подстилочный	12,07
бесподстилочный	4,08
Торф	23,56
Помет	19,11
Солома, сидераты и др.	22,23
Среднее	18,24

Таблица 6.39

Внесение органических удобрений сельхозорганизациями и поступление углерода с ними в сельскохозяйственные почвы, млн. тонн

Годы	Внесение органических удобрений	Количество углерода, поступившего в с.х. земли
1990	389,5	71,1
1995	127,4	23,2
2000	66,0	12,0
2005	49,9	9,1
2007	48,1	8,8
2008	51,3	9,4
2009	53,7	9,8
2010	53,1	9,7
2011	52,6	9,6
2012	54,2	9,9
2013	55,7	10,2
2014	61,6	11,2
2015	64,2	11,7
2016	65,2	11,9

Как следует из таблицы 6.39, внесение органических удобрений в целом сократилось в течение рассматриваемого периода на 83,3% от 389,5 млн. тонн в 1990 г. до 65,2 млн. тонн в 2016, что связано с сокращением поголовья скота и птицы в Российской Федерации. В результате такого снижения внесения органических удобрений в почвы сократилось и количество в них углерода – от 71,1 млн. тонн в 1990 г. до 11,9 млн. тонн в 2016 г.

Оценка поступления углерода в пахотные почвы с минеральными удобрениями выполнена на основе статистической информации по общему количеству внесенных азотных, фосфорных и калийных удобрений в сельском хозяйстве России (Госкомстат, 1995а, 1998, 2000, 2002; Росстат, 2004, 2009, 2013, 2015; Росстат, 2005-2016; интернет-сайт Росстата (<http://www.gks.ru>)) и среднему содержанию углерода в них. Согласно справочным данным (Каталымов, 1960; Дукаревич, 1976), из двенадцати простых азотных удобрений, применяемых в России, четыре содержат углерод: нейтрализованная аммиачная селитра, сульфат аммония и мочевины, чистая мочевины и цианамид кальция. Из восьми видов фосфорных удобрений углерод встречается только в составе фосфоритной муки, а из девяти калийных – в составе поташа.

Статистика по внесению минеральных удобрений в почвы приводится в пересчете на действующие вещества, поэтому коэффициенты по содержанию углерода в разных видах удобрений рассчитаны к соответствующим действующим веществам. При этом учтено соотношение углерода и прочих химических элементов в составе всех удобрений (содержащих и не содержащих углерод) каждого вида (азотных, фосфорных и калийных). Результаты расчетов коэффициентов приведены в таблице 6.40.

Поступление углерода в сельскохозяйственные почвы с минеральными удобрениями за период с 1990 по 2016 год приведено в таблице 6.41.

Аналогично минеральным удобрениям было оценено поступление углерода в почвы с известковыми материалами. Согласно статистическим данным, подавляющее большинство из вносимых известковых материалов составляют известняковая и доломитовая мука, содержание углерода в которых в среднем равно 12,5% (МГЭИК, 2006).

Таблица 6.40

Коэффициенты по содержанию углерода в разных видах минеральных удобрений

Вид удобрений	Среднее содержание действующего вещества, %	Среднее содержание углерода, %	Пересчетный коэффициент (углерод/ действ.вещество)
азотные	29,22	3,66	0,13
фосфорные	24,81	0,37	0,015
калийные	31,17	0,53	0,017

Таблица 6.41

Внесение минеральных удобрений сельхозорганизациями и поступление углерода с ними в сельскохозяйственные почвы, млн. тонн

Годы	Внесение азотных удобрений ¹⁾	Внесение фосфорных удобрений	Внесение калийных удобрений	Суммарное поступление углерода в с.х. земли
1990	4,028	3,676	2,219	0,596
1995	0,936	0,370	0,181	0,126
2000	0,959	0,220	0,182	0,126
2005	0,854	0,345	0,221	0,116
2007	1,034	0,407	0,275	0,140
2008	1,201	0,429	0,288	0,162
2009	1,231	0,391	0,266	0,164
2010	1,188	0,435	0,279	0,160
2011	1,257	0,425	0,275	0,168
2012	1,174	0,420	0,271	0,158
2013	1,160	0,436	0,251	0,156
2014	1,188	0,463	0,267	0,160
2015	1,257	0,466	0,290	0,169
2016	1,437	0,506	0,310	0,193

¹⁾ Данные по внесению азотных удобрений ниже величин, приведенных в секторе Сельское хозяйство, категория 4D1, т.к. здесь учитывается внесение только под сельскохозяйственные культуры, без внесения под многолетние и плодовые насаждения, естественные сенокосы и пастбища, защищенный грунт и др.

Однако, 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 коэффициент МГЭИК. Известкование сельскохозяйственных почв и рассчитанное поступление при этом углерода в почвы приведены в таблице 6.42.

За период с 1990 по 2016 гг. суммарное поступление углерода в почвы с минеральными удобрениями (табл. 6.41) и известковыми материалами (табл. 6.42) снизилось на 89,1%, что связано с соответственным сокращением их внесения в пахотные земли с 1990 года.

Таблица 6.42

Известкование сельскохозяйственных почв и поступление углерода с известковыми материалами, млн. тонн

Годы	Внесение известковых материалов, млн. тонн	Количество углерода, поступившего в с.х. земли, млн. тонн
1990	31,4	2,64
1995	6,2	0,52
2000	2,8	0,24
2005	2,3	0,19
2007	2,1	0,17
2008	2,3	0,19
2009	1,8	0,15
2010	2,0	0,17
2011	2,0	0,17
2012	2,2	0,19
2013	2,1	0,17
2014	2,3	0,19
2015	2,1	0,17
2016	1,9	0,16

Оценка количества углерода, поступающего в пахотные почвы с остатками культурных растений, включала ежегодный расчет углерода надземных (пожнивных) остатков и корней культурных растений, которые остаются на полях после уборки урожая. Как и для расчетов поступления азота с пожнивными и корневыми остатками растений (см. раздел Сельское хозяйство, категория 3.Да4), были использованы регрессионные уравнения Левина для оценки количества биомассы остатков растений на основе данных урожайности основной продукции (Левин, 1977; Романовская и др., 2002). Ниже представлен общий вид уравнений, используемых в расчетах.

$$C_{ab} \text{ или } C_{un} = \sum_i ((a_i Y_i + b_i) \cdot C_i) \cdot S_i, \quad (6.34)$$

- где: C_{ab} – масса углерода, поступающего в почвы с пожнивными остатками (C_{un} – корневыми остатками) культурных растений определенного вида i (кг С);
 Y_i – урожайность основной продукции данной культуры (ц. сух.в-ва/га);
 a_i и b_i – соответствующие коэффициенты для расчета массы пожнивных (или корневых) остатков данной сельскохозяйственной культуры при определенном уровне урожайности (Левин, 1977);
 C_i – содержание углерода в биомассе данной культуры (кг С/кг сух.массы) (МГЭИК 1997, 2000);
 S_i – посевная площадь данного вида растений, га.

Углерод поверхностных (C_{ab}) и корневых (C_{un}) остатков всех культур суммируются за каждый год. Полученная величина используется для расчета общего поступления углерода в пахотные почвы. В обобщенном виде система уравнений для расчета количества биомассы, поступающей в почву с растительными остатками сельскохозяйственных культур, представлена в таблице 5.18 (см. раздел Сельское хозяйство, категория 3.Да4).

Следует обратить внимание, что в таблице 5.18 в уравнениях включены данные по процентному содержанию азота в пожнивных и корневых остатках. При расчете углерода эти величины следует заменить на:

- пшеница – 48,53%;
- ячмень – 45,67%;
- просо – 46,87%;
- сахарная свекла и кормовые корнеплоды – 40,72%;
- картофель – 42,26%;
- остальные культуры – 45%.

Для тех культурных растений, по которым не разработано видоспецифичных уравнений регрессии и коэффициентов, были использованы параметры наиболее биологически сходных видов (Вехов и 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.

Содержание углерода в биомассе растений разных видов определено по данным МГЭИК (МГЭИК, 1997, 2000, 2006).

Исходные данные по урожайности, валовому сбору и посевным площадям культурных растений взяты из официальной статистической информации и из справочных материалов Росстата (Росстат, 2009, 2011, 2013; Росстат, 2005-2016; интернет-сайт Росстата (<http://www.gks.ru>)). Величины поступления углерода с остатками культурных растений за период с 1990 по 2016 гг., а также суммарное поступление углерода в пахотные почвы приведены в таблице 6.43.

Как следует из данных таблицы 6.43, в целом наблюдается тенденция снижения количества углерода растительных остатков культурных растений с 1990 года. Это связано с общим сокращением посевных площадей в стране за период с 1990 по 2016 гг., хотя в 2008, 2011 и 2013-2016 годах наблюдалось их увеличение. Урожайность растений формируется в зависимости от комплекса экологических, агрохимических и других факторов и изменяется между годами нелинейно, поэтому и суммарные потери углерода биомассы несколько варьируют в течение исследуемых лет. Так, после 2004 года средняя урожайность зерновых культур постепенно увеличивалась, что оказало соответствующее влияние на количество углерода биомассы растений. В 2008 году урожайность большинства культурных растений была сравнительно высокой за последние годы (озимая пшеница 33,9 ц/га; ячмень озимый 41,2 ц/га; овес 17,1 ц/га; картофель и овощи 138 и 196 ц/га, соответ-

ственно), что оказало влияние на общее поступление углерода в пахотные почвы, которое возросло в 2008 году на 8% по сравнению с предыдущим годом. В 2009 году также по многим культурам была достигнута максимальная после 2000 года урожайность (пшеница яровая, овес, картофель и др.), что также оказало влияние на величину общего поступления углерода с растительными остатками. В 2010 году крайне неблагоприятные погодные условия в течение летнего периода привели к снижению поступления углерода в почву с органическими остатками на 5,4%. В 2012 г. средняя урожайность многих зерновых была ниже, чем в предыдущий год (пшеницы озимой – на 23%, пшеницы яровой – на 27%). Дополнительно, в 2012 г. уменьшилась общая посевная площадь. В 2013-2016 годах произошло небольшое увеличение поступления растительных остатков в почвы в связи с увеличением урожайности и валового сбора основных зерновых культур и увеличению площадей посевов за счет распашки свежих залежей.

Таблица 6.43

Углерод пожнивных и корневых остатков культурных растений и общее поступление углерода в пахотные почвы России, млн. тонн C/год

Годы	Количество углерода остатков биомассы культурных растений, млн. тонн	Общее поступление углерода в пахотные почвы, млн. тонн
1990	177,1	251,4
1995	123,4	147,3
2000	108,8	121,2
2005	105,6	114,9
2007	106,5	115,6
2008	117,5	127,3
2009	116,5	126,6
2010	99,0	108,9
2011	115,0	124,9
2012	104,2	114,5
2013	115,6	126,1
2014	117,1	128,7
2015	120,1	132,2
2016	126,8	139,0

Как следует из данных по всем рассмотренным источникам поступления углерода в сельскохозяйственные почвы, углерод растительных остатков является основным потоком, определяющим общее количество накопленного углерода (70,5% в 1990 г. и 91,2 – в 2016 г.). Вклад органических удобрений менее существенен и составляет 28,3% в 1990 г. до 8,5% в 2016 г., а на долю остальных источников приходится 1,3% и 0,3% в 1990 г. и 2016 г. соответственно. Снижение вклада органических и минеральных удобрений обусловлено сокращением их внесения в почвы за исследуемый период. Так, в 1990 году внесение органических удобрений под посевы в сельскохозяйственных предприятиях соответствовало 3,5 т/га (Госкомстат, 1995а), а в 2016 г. эта величина снизилась до 1,4 т/га. При этом площадь, удобряемая органическими удобрениями, составляла в 2016 – лишь 9,3% от общей посевной площади (Росстат, 2016).

Потери углерода на пахотных землях. Общий вынос углерода с территории пахотных земель рассматривался по следующим составляющим: механические потери углерода с дефляцией и эрозией почвы, а также потери углерода почв при их дыхании. Ниже описана методика расчета каждого из этих потоков.

По данным Титляновой с соавт. (Титлянова и др.1998), за последние 60-70 лет средние потери органического углерода сельскохозяйственных почв Сибири в результате эрозии и дефляции составили около 100 кг/га в год. Эта величина, по-видимому, близка к средним потерям углерода на пашнях и для других регионов России. Однако следует отметить, что большее количество эродированного материала переотлагается в понижениях или овражной зоне в пределах пахотных земель, что не должно учитываться в наших расчетах. В Западной Европе эта величина оценивается около 75-80% от всего объема эрозии почв (Сидорчук, Сидорчук, 1998). В Европейской части России объем выноса органического вещества почв за пределы пашни в среднем составляет 11-17% от

общей массы материала, перемещаемого плоскостным смывом (Пацукевич, Козловская, 2000). В центральной зоне Европейской части России (Среднерусская, Калачская, Приволжская и Верхнекамская возвышенности), а также на юге России в степной зоне (Ставрополье), для которых характерна высокая степень заовраженности и, соответственно, самая высокая по России овражная эрозия (Зорина, 2000; Любимов и др., 2000), доля продуктов плоскостного смыва, поступающих в водотоки или оседающих на пахотных землях (пастбищах), невелика и составляет 15-20 и 10-15% соответственно от общего объема смыва. Таким образом, даже в регионах с интенсивной эрозией около 70-80% эродированного материала переотлагается в пределах пашни, а вынос в водотоки составляет 20-30% (Пацукевич, Козловская, 2000). По всей вероятности, эти величины применимы ко всей территории России. Поэтому, используя величину потерь углерода в 100 кг/га, предложенную Титляновой с соавторами, можно заключить, что только 20-30 кг углерода с одного гектара безвозвратно выносятся за пределы пахотных земель (Титлянова и др., 1998).

Для верификации этих данных был проведен расчет объема смыва органического вещества с одного гектара площади водосбора с использованием информации по качеству поверхностных вод Российской Федерации за 1991-2014 гг. годы (информация предоставлена ГХИ Росгидромета и отображена в ежегодниках «Качество поверхностных вод Российской Федерации»). Для этого нами проанализированы площади водосборов и данные по содержанию органического вещества в водах рек Белого, Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Охотского, Балтийского, Черного, Азовского и Каспийского морей, бассейна Тихого океана и озера Байкал. Принимая содержание углерода в органическом веществе равным 50%, рассчитали величину смыва углерода с территории соответствующего водосбора. Полученные результаты представлены в таблице 6.44.

В связи с отсутствием информации о величинах поверхностного стока в 1990, 1994 и 2016 гг. при проведении расчетов были взяты следующие величины: 1990г. – по консервативному сценарию было взято 25 кг/га; 1994г. – среднее между 1991, 1992, 1993 и 1995 гг.; 2016г. – среднее между 2011-2015 гг. Учитывая, что в настоящем кадастре стали доступны данные по смыву углерода за 2015 г., величина потерь углерода за 2015 г. была пересчитана.

Уточнение национальных коэффициентов поверхностного выноса углерода проведено в соответствии с рекомендациями группы экспертов по проверке Национального кадастра в 2011 г.

Из данных таблицы 6.44 следует, что величина смыва углерода в среднем по стране находилась в пределах 18-25 кг с гектара водосбора. Полученные данные согласуются с данными Титляновой с соавторами и Пацукевич и Козловской, рассмотренными выше (Титлянова и др., 1998; Пацукевич, Козловская, 2000). Результаты расчетов по ежегодным потерям углерода с площади возделываемых земель (посевы, пар и многолетние насаждения) при эрозии и дефляции почв приведены в таблице 6.45.

Дыхание почв складывается из следующих потоков: дыхание корней и дыхание почвенной микрофлоры. Последнее происходит в результате разложения почвенного органического вещества (Кудеяров, Курганова, 2005). Учитывая, что дыхание корней уже учтено нами при рассмотрении биомассы культурных растений (чистая первичная продукция), нам необходимо было оценить потери углерода в форме CO_2 при разложении почвенного органического вещества. Для этого нами проанализированы данные литературы по экспериментальным оценкам дыхания разных типов почв под разными сельскохозяйственными культурами, измеренными в течение вегетационного периода (Ларионова, Розанова, 1993; Макаров, 1988; Ларионова, 1988; Rochette et al., 1992; Наумов, 1994; Смирнов, 1954; Тюлин, Кузнецов, 1971; Кудеяров и др., 1995; Ковалева, Булаткин, 1987; Котакова, 1975; Трофимова, 1989; Зборищук, 1979; Бурдюков, Телюгин, 1983; Зон, Алешина, 1953 и др.), а также дыхание почв под паром (Емельянов, 1970; Котакова, 1975; Кудеяров и др., 1995; Наумов, 1994; Макаров, 1993). Собранные данные по интенсивности выделения CO_2 почвами были приведены к единым единицам измерения ($\text{мг CO}_2/\text{м}^2$ в час) и усреднены по основным типам почв (черноземы, дерново-подзолистые, каштановые и серые лесные почв). Полученные результаты приведены в таблице 6.46.

Таблица 6.44

Смыв углерода с одного гектара водосбора рек на территории Российской Федерации, кг/га в год

Река	Площадь водосбора, тыс.км ²	Смыв углерода с территории водосбора, кг · га ⁻¹ ·год ⁻¹														2016 ¹⁾
		1991	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Кола	3,78	27,25	24,60	28,97	26,19	24,47	26,32	22,22	19,18	33,33	23,15	24,60	13,36	24,60	23,94	21,93
Онега	55,70	47,49	54,22	37,70	47,58	52,78	52,60	77,47	44,25	41,20	32,94	51,89	47,22	45,06	46,95	44,81
Сев. Двина	348,00	43,82	42,96	34,05	29,31	42,10	50,00	54,89	42,82	27,01	29,45	41,52	31,61	32,33	30,46	33,07
Мезень	56,40	35,82		28,55	30,50	35,99	53,63	70,92	44,06	25,44	25,00	52,57	30,76	28,63	24,56	32,30
Печора	312,00	49,04	44,07	37,50	49,20	61,86	59,94	48,40	40,22	30,13	36,86	33,97	22,28	33,65	33,17	31,99
Обь	2430,00	15,74	13,81	15,66	13,85	10,99	20,37	18,62	13,97	10,51	14,24	15,04	25,72	21,60	22,84	19,89
Таз	100,00	34,50		42,55	31,15	24,60	45,50	40,30	36,20	30,00	21,35	43,25	86,00	65,00	64,00	55,92
Енисей	2440,00	14,88	11,41	20,49	18,67	14,80	28,89	21,72	21,11	24,18	22,95	16,48	21,52	20,39	22,34	20,73
Анабар	78,80	25,57	22,27	22,02	22,40	10,60	35,66	31,28	12,69	20,24	20,49	18,27	8,88	25,00	18,85	18,30
Оленек	198,00	29,29	20,76	29,04	18,71	8,94	17,20	15,40	8,91	14,04	18,23	11,84	4,95	13,16	13,08	12,25
Лена	2430,00	12,00	12,90	15,16	13,74	15,25	18,44	18,85	17,72	11,87	14,05	11,69	16,28	14,67	12,51	13,84
Индигирка	322,00	7,89	8,63	25,00	15,99	12,87	15,84	13,59	8,42	14,18	15,31	11,32	19,41	20,03	11,40	15,49
Колыма	635,00	6,99		7,33	7,73	9,69	15,43	12,76	7,13	6,63	10,16	7,69	10,31	8,98	7,37	8,90
Камчатка	45,60	18,42	16,45	12,94	20,94	16,01	16,45	15,13	14,36	14,80	18,64	18,20	22,81	16,12	16,67	18,49
Тауй	25,10	27,89	33,86	12,35	18,21	36,25	24,30	32,67	38,84	17,43	46,81	36,45	35,06	50,80	25,90	39,00
Амур	1790,00	15,22	8,30	13,02	13,97	11,54	10,06	15,89	20,06	20,17	13,24	12,04	29,89	13,41	17,15	17,15
Тынь	7,72	29,60	35,62		0,00	31,22	20,34	26,36	27,01	22,22	26,75	29,66	28,50	24,74	22,73	26,48
Поронай	6,08	92,11	75,99	66,78	56,66	75,33	54,11	63,16	66,61	57,48	64,88	47,37	66,12	49,01	51,15	55,71
Нева	281,00	20,46		22,42	27,05	19,40	22,78	21,89	24,02	27,40	19,75	24,38	25,98	23,31	17,40	22,16
Луга	12,30	38,41		48,78	34,35	24,55	33,33	65,04	61,79	47,97	39,43	44,72	47,15	22,76	21,42	35,10
Преголя	13,60	22,17	39,34	13,97	24,19	12,94	29,85	21,76	18,35	18,82	23,46	23,71	20,66	11,07	6,29	17,04
Дон	420,00	7,33	5,95	4,05	9,63	7,69	5,20	6,29	3,69	4,80	3,54	4,71	5,39	4,94	3,81	4,48
Сев. Донец	80,90	6,30	8,84	4,51	7,29	9,83	4,92	4,72	2,74	6,00	4,68	4,35	4,65	4,46	3,78	4,39
Кубань	49,00	15,00	19,59	24,59	31,84	34,90	23,98	29,08	26,22	27,55	29,08	19,90	20,41	26,63	19,69	23,14
Сочи	0,30	27,03	23,65	47,64	40,20	37,84	52,03	60,30	127,53	117,06	331,08	270,27	117,06	28,55	41,72	157,74
Терек	37,40	24,60	20,72	14,04	13,33	13,50	4,73	9,65	5,23	8,54	7,82	6,10	6,59	6,95	5,95	6,68
Кума	20,00	3,58	2,14	0,00	3,10	2,12	2,98	1,70	1,43	1,09	1,40	1,50	1,32	1,45	1,05	1,34
Волга	1360,00	18,31		13,71	25,26	26,21	21,69	15,99	19,67	12,68	12,72	17,35	17,28	14,82	14,60	15,35
Урал	82,3												2,33	4,76	1,92	3,01
Верхняя Ангара	20,60	12,86	17,57	11,38												
Баргузин	19,80	16,06	13,01	10,48												
Селенга	445,00	4,98	4,98	2,72												
Среднее		22,87	21,77	19,63	18,60	19,55	21,90	23,89	22,12	19,79	26,50	25,74	22,56	18,77	17,22	22,19

¹⁾Значения за 2016г. получены как среднее 2011-2015 гг.

Таблица 6.45

Вынос углерода при эрозии и дефляции с культивируемых земель

Годы	Площадь культивируемых земель (посевы, пар и многолетние насаждения), млн. га	Эрозия и дефляция углерода с территории возделываемых земель, млн. тонн/год
1990	132,5	3,31
1995	121,0	2,63
2000	103,6	2,03
2005	91,4	1,70
2007	89,0	1,95
2008	91,3	2,18
2009	92,4	2,04
2010	90,4	1,79
2011	91,2	2,42
2012	90,9	2,34
2013	91,2	2,06
2014	91,5	1,72
2015	91,8	1,58
2016	92,6	2,05

Следует отметить, что полученные средние значения, приведенные в таблице 6.46, относятся к результатам экспериментальных работ, выполненных в 70-80 гг. прошлого столетия. По данным Кургановой и соавторов (2007) дыхание почв агроценозов до 1990г. было в среднем по стране в 1,2 раза выше дыхания почв целинных сообществ. В настоящее время в связи со значительным сокращением внесения органических удобрений, численность и многообразие микрофлоры в пахотных почвах уменьшились. Соответственно, микробное дыхание также сильно сократилось. По оценкам Кургановой и соавторов (2007), после 1990 года дыхание почв агроценозов стало в среднем в 1,5 раза ниже дыхания почв целинных экосистем. Поэтому, при расчете общего почвенного дыхания на территории возделываемых земель с 1994 года и далее использованы средние величины из таблицы 7.45 с поправкой в 1,8 раз ниже (чернозем – $223 \text{ мг CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$, дерново-подзолистая почва – $189 \text{ мг CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$, остальные типы почв – $142 \text{ мг CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$). Для периода с 1990 по 1993 гг., когда происходило наиболее резкое снижение количества вносимых органических удобрений, коэффициенты дыхания почв были получены линейной интерполяцией между этими значениями и величинами, приведенными в таблице 6.46.

Следует также учитывать, что использованные коэффициенты дыхания почв включают в себя и дыхание корней. Во избежание двойного учета корневого дыхания, мы условно приняли, что вклад корней в общее почвенное дыхание в агроценозах равен 40%. По данным Благодатского с соавторами величина корневого дыхания на пашнях находится в пределах от 1/2 до 1/3 от общего почвенного дыхания (Благодатский и др., 1993). В работе Кудеярова и Кургановой доля корневого дыхания в агроценозах определена равной в среднем 38% (Кудеяров, Курганова, 2005). Таким образом, принятый нами коэффициент согласуется с данными литературы.

Для корректной оценки годового потока CO_2 и соответствующих потерь углерода на территории возделываемых земель необходимо также рассчитать величину дыхания почв вне вегетационного периода. По различным данным зимнее дыхание почв может составлять от 10% до 47% (Кудеяров, Курганова, 2005) годового потока. В среднем на территории нашей страны поток углекислого газа при дыхании пахотных почв в течение холодного периода года (ноябрь-апрель) составляет около 30% от годового (Сапронов, 2007). Эта величина и была использована нами в расчетах.

Таблица 6.46

Средние значения дыхания разных типов почв в агроценозах

Почва	Культура	Эмиссия CO ₂ , мг CO ₂ ·м ⁻² ·час ⁻¹	Источник
серая лесная		70	(Ларионова и Розанова, 1993)
среднее по агроземам		430	
дерново-подзолистая		270	(Макаров, 1988)
дерново-подзолистая	картофель	420	
дерново-подзолистая	овес	540	
дерново-подзолистая	Озимая пшеница	450	
предкавказский чернозем	Озимая пшеница	483	
предкавказский чернозем	Яровая пшеница	480	
предкавказский чернозем	картофель	580	
предкавказский чернозем	кормовые (люцерна)	1003	
Серая лесная		55	(Ларионова, 1988)
дерново-подзолистая	овес	230	(Макаров, 1988)
подзолистая	сах. свекла	404	
подзолистая	ячмень	594	(Rochetteetal, 1992)
дерново-подзолистая глеевая	овес	120	(Наумов, 1994)
мерзлотно-лугово-черноземная	овес	513	
чернозем	зерновые	160	
каштановая	пшеница	225	
дерново-подзолистая	клевер	359	(Смирнов, 1954)
дерново-подзолистая	овес	70	
дерново-подзолистая	Яровые зерновые	286	(Тюлин, Кузнецов, 1971)
Серая лесная	Яровые зерновые	124	(Кудеяров и др., 1995)
Серая лесная	Озимая пшеница	318	(Ковалева, Булаткин, 1987)
Чернозем выщелоченный	Озимая пшеница	208	(Котакова, 1975)
Чернозем выщелоченный	клевер	338	
Чернозем обыкновенный	горох	173	(Трофимова, 1989)
Чернозем обыкновенный	среднее	189	(Зборищук, 1979)
чернозем	среднее	495	(Бурдюков, Телюгин, 1983)
Чернозем обыкновенный мало-мощный		451	(Зон, Алешина, 1953)
Чернозем южный		180	(Лядова, 1975)
Чернозем обыкновенный		160	(Кривонос, Егоров, 1983)
чернозем		869	(Попова, 1968)
Чернозем типичный	зерновые (среднее)	291	(Дьяконова, 1961)
Чернозем типичный	люцерна	375	
темно-каштановая	Яровые зерновые	248	(Емельянов, 1970)
каштановая	Яровые зерновые	207	(Чимитдоржиева и др., 1990)
светло-каштановая	Яровые зерновые	376	(Кретицина, Пожилов, 1989)
среднее по черноземам		402	
среднее по дерново-подзолистым почвам		340	
среднее по другим типам почв		256	
среднее		368	
дерново-подзолистая	пар	80	(Макаров, 1993)
мерзлотно-лугово-черноземная	пар	238	(Наумов, 1994)
каштановая	пар	243	
черноземвыщелоченный	пар	157	(Котакова, 1975)
темно-каштановая	пар	362	(Емельянов, 1970)
Серая лесная	пар	160	(Кудеяров и др., 1995)
среднее для пара		207	

Таким образом, с использованием данных по соотношению площадей разных типов почв на сельскохозяйственных угодьях России (Минсельхоз РСФСР, 1980) и полученных средних

коэффициентов для основных типов почв были рассчитаны величины общего дыхания почв на территории пахотных земель в течение вегетационного периода. Продолжительность вегетационного периода была определена по справочным данным для каждого экономического района России (Романенко и др., 2000). Затем вычитали вклад корневого дыхания, прибавляли дыхание почв в течение холодного периода года и переводили в единицы углерода. Полученные результаты по ежегодным потерям углерода с микробным дыханием почв пахотных земель за период с 1990 по 2016 гг. приведены в таблице 6.47.

Сокращение дыхания почв и соответственных потерь углерода после 1990г. обусловлено сокращением площадей пахотных земель в стране в течение рассматриваемого периода.

Ежегодный баланс углерода. На основании полученных оценок поступления и выноса углерода был составлен общий ежегодный баланс углерода на пахотных землях за период 1990-2016 гг., который представлен на рис. 6.14 выше. Годовой нетто выброс углерода в расчете на гектар пахотных земель в стране представлен на рисунке 6.15 выше.

Таблица 6.47

Потери углерода с возделываемых земель при дыхании почв

Годы	Потери углерода при дыхании почв, млн. тонн С
1990	312,8
1995	186,3
2000	159,5
2005	142,2
2007	140,0
2008	143,7
2009	145,6
2010	142,6
2011	143,8
2012	143,2
2013	143,9
2014	145,1
2015	145,6
2016	146,9

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 для 2006 года доля органогенных почв на землях обрабатываемых земель определена равной 2,88%. Для лет периода 2006-2016 ежегодная доля органогенных почв культивируемых земель рассчитана по статистическим данным площадей осушенных земель пашен и многолетних насаждений (Роснедвижимость, 2007-2009; Росреестр, 2010-2016) 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 CO₂ находится на уровне $5,9 \pm 2,3$ тС/га/год по сравнению с контролем эмиссии на залежи. Это значение было использовано для оценки выброса CO₂ от культивируемых органогенных почв для всех лет периода с 1990 по 2016 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 2016 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 4В, 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 «не применимо» («NA»).

6.4.2.1.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность статистических исходных данных по площадям земель сельскохозяйственного назначения оценивается не более $\pm 5\%$.

Расчет ежегодного изменения запасов углерода в живой биомассе многолетних культур на возделываемых землях выполнялся с коэффициентом по умолчанию уровня 1 МГЭИК, неопределенность которого оценивается в пределах $\pm 75\%$ в соответствии с таблицей 5.1 (МГЭИК, 2006). Поэтому общая неопределенность расчетов накопления углерода в биомассе и потерей углерода биомассы оценивается по подходу 1 МГЭИК равной $\pm 75,17\%$. Таким образом, суммарная неопределенность по данной категории рассчитана в соответствии с уровнем сложности 1 МГЭИК равной $\pm 79,17\%$.

Неопределенность балансового метода по расчету изменений запасов почвенного углерода на минеральных почвах пахотных земель находится в пределах от $\pm 13,0$ до $\pm 22,2\%$ (см. раздел по обеспечению и контролю качества расчетов 6.4.2.1.4 ниже). Для оценки общей неопределенности расчетов по сектору использована максимальная величина ошибки ($\pm 22,2\%$) для данной категории.

Потери углерода при использовании органогенных почв пахотных угодий впервые в настоящем кадастре определены на основании национального коэффициента. Его неопределенность равна $\pm 39,3\%$. Площади осушенных земель являются данными официальной национальной статистики и их неопределенность равна 5%. Объединенная неопределенность расчета выбросов CO_2 от органогенных пахотных почв составляет $\pm 39,62\%$. Таким образом, использование национального коэффициента сократило неопределенность оценок данной категории выбросов почти в 3 раза – от $\pm 90,14\%$ (в кадастре 2013 года) до $\pm 39,62\%$.

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 $\pm 87,54\%$.

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 оценки качества разработанной методики по балансовому расчету изменений запасов углерода в почвах пахотных земель был проведен сравнительный анализ полученных результатов с экспериментальными данными агрохимического обследования реперных участков пахотных земель по всей территории страны (Результаты агрохимического мониторинга..., 2001). Для этого были использованы данные по исследованию гумусного состояния пашен шестидесяти восьми областей страны в течение периода 1991-1999 гг. Учитывая, что замеры в каждой области проводили не ежегодно, были рассчитаны среднегодовые темпы изменения содержания гумуса на гектаре пашни во всех областях между 1991 и 1999 годами. Затем была определена средняя величина ежегодных потерь гумуса на пахотных почвах страны за период 1991-1999 гг. Она составляет 0,0316% гумуса или в пересчете на углерод – 0,0183% С. Согласно нашим балансовым оценкам, средняя величина потерь запасов углерода пахотных земель за период с 1991 по 1999 гг. составляет 0,380 тонн С/га. Принимая объемную массу агроземов в среднем равной 1,32 г/см³ для пахотного слоя глубиной 20 см, рассчитали соответствующее изменение содержания углерода – 0,0144% С. Таким образом, можно заключить, что средняя ошибка расчетов, выполненных по разработанной нами балансовой модели, для 90-х годов составляет $\pm 22,2\%$.

Сопоставление с отдельными данными государственной отчетности по некоторым годам показывает, что для отдельных лет ошибка выполненных расчетов по пахотным землям намного ниже. Так в соответствии с информацией Государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1993г. потери углерода пашен в 1992 году составляли в среднем 0,31 тонн С/га. Оценка изменений углерода пахотных земель, выполненная в кадастре, составляет 0,39 тонн С/га. Таким образом, ошибка за 1993 год составляет $\pm 13\%$. По данным Государственного доклада о состоянии и использовании земель за 1995г. в среднем по России с 1 га пашни теряется 0,62 тонн гумуса (0,31 тонн С/га). Таким образом, в расчетах за 1995 год ошибка составляет $\pm 14,9\%$.

Согласно Концепции федеральной целевой программы «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы», утвержденной Правительством Российской Федерации 1 октября 2005г., «среднегодовой дефицит гумуса в пахотном слое за последние годы в среднем по России составляет 0,52 тонны с гектара». Эта величина соответствует потерям около 0,26 тонн С/га в год. Это на 20,8% ниже величин, рассчитанных в кадастре для 2005 года.

Следует учитывать, что в расчете кадастра выбросов и поглощения парниковых газов от минеральных почв пахотных земель нами учитывались только постоянно эксплуатируемые пахотные почвы. В то время как данные государственной статистики частично включают также информацию по изменению запасов гумуса на переведенных из пахотных в кормовые землях, на которых отмечается поглощение углерода. Этим может объясняться некоторое расхождение в оценках баланса гумуса агроценозов, особенно в последние годы.

В соответствии с рекомендациями групп экспертов по проверке кадастра, все планируемые и выполненные усовершенствования модели по оценке баланса углерода на почвах пахотных земель докладываются и предварительно апробируются на научных конференциях и семинарах национального и международного характера. В частности, результаты были доложены на международной научной конференции «Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России», Санкт-Петербург, 1-4 марта 2011. Статья по оценке динамики углерода в почвах бывших пахотных угодий опубликована в рецензируемом (переводимом на английский язык) журнале «Экология» в 2012 г. (Романовская и др., 2012).

6.4.2.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

При оценке потерь почвенного углерода минеральных почв величина эрозии и дефляции за 2015 г. была пересмотрена на основе уточненных данных. Это привело к незначительным пересчетам общего баланса углерода в минеральных почвах пахотных земель.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.2.2 Земли, преобразованные в пахотные и другие земли сельскохозяйственного назначения (раздел 4.B.2 ОФД)

Конверсия земель из других видов пользования и из естественного состояния (распашка целинных земель) в пахотные угодья в России в течение рассматриваемого периода с 1990 по 2016 гг. не производилась (табл. 6.3). Это может объясняться вероятным избытком площадей пашен в стране после распада СССР и/или общим спадом агропромышленного производства в последние годы. Таким образом, выбросы парниковых газов от этой категории земель не рассчитывались и соответствующие листы ОФД заполнялись стандартными указателями «не происходило» («NO»).

Принято допущение, что незначительный рост пахотных площадей в 2008, 2009, 2011, 2013 и 2016 гг. обусловлен распахкой площадей, которые были выведены из использования в течение 1-2 года назад. Рост пахотных площадей в 2014 г. связан с включением в состав РФ Крымского федерального округа. Таким образом, возможные изменения в запасах углерода всех пулов на эти землях, в связи с конверсией земель крайне незначительны и ими можно пренебречь. Для 2008, 2009, 2011, 2013 и 2016 было принято, что распахке подверглись недавно выведенные пахотные угодья, которые были использованы как пастбищные в течение не более 2-3х лет. За этот период значительных изменений в запасах углерода почв и других пулов, связанных с конверсией земель, не произошло. Поэтому все изменения почвенного углерода на данных площадях учтены в категории пахотные земли, остающиеся пахотными землями.

6.4.3 Сенокосы и пастбища (раздел 4.C ОФД)

6.4.3.1 Постоянные сенокосы и пастбища (раздел 4.C.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.

Ежегодный баланс углерода минеральных почв кормовых угодий. На основании полученных оценок поступления и выноса углерода был составлен общий ежегодный баланс углерода на землях кормовых угодий за период 1990-2016 гг. (табл. 6.48). Положительные величины показывают поступление углерода в почвы, а отрицательные – его потери. Как следует из таблицы 6.48, общий годовой баланс углерода на постоянных сенокосах и пастбищах России положительный в течение всего рассматриваемого периода и характеризуется нетто аккумуляцией углерода в среднем около 3,4 млн. тонн С/год. Годовое нетто поглощение углерода в расчете на гектар земель кормовых угодий в стране представлено на рисунке 6.17. Повышенные величины аккумуляции углерода в 1998 и 1999 годах могут быть объяснены сравнительно малым объемом сенокосения и заготовки пастбищных кормов в связи с кризисным состоянием агропромышленного сектора в течение данных лет. Низкая величина в 2011-2012 гг., наоборот, объясняется относительно высоким выносом углерода с земель сенокосов и пастбищ при покосе, потреблении пастбищных кормов и заготовке зеленых кормов и силоса.

Таблица 6.48

Баланс углерода минеральных почв на землях сенокосов и пастбищ, млн. тонн С

Годы	Поступление углерода	Вынос углерода	Баланс
1990	268,81	-264,36	4,46
1995	260,52	-254,36	6,17
2000	238,34	-232,53	5,80
2005	237,19	-234,24	2,95
2007	229,52	-227,60	1,92
2008	230,30	-228,61	1,68
2009	229,31	-227,47	1,84
2010	229,34	-227,13	2,21
2011	229,63	-228,52	1,10
2012	229,99	-228,30	1,69
2013	230,97	-228,18	2,79
2014	231,93	-228,14	3,79
2015	231,22	-227,31	3,91
2016	231,49	-228,95	2,54

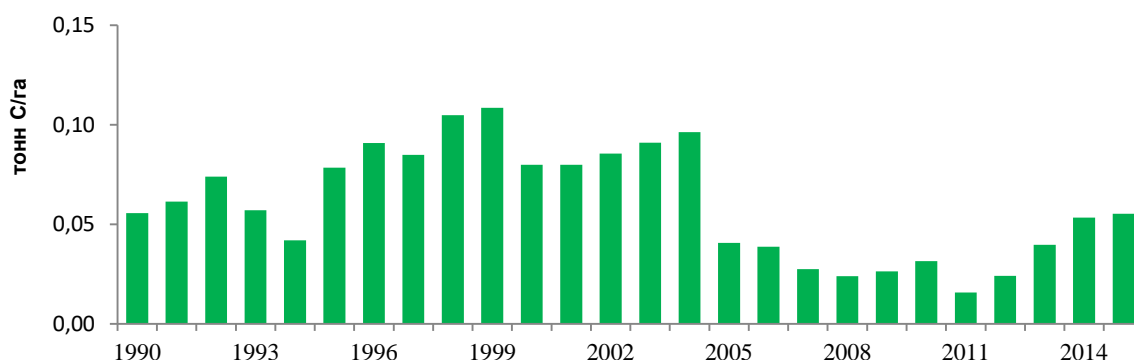


Рисунок 6.17 – Годовое нетто-поглощение углерода на одном гектаре минеральных почв кормовых угодий

Органические почвы кормовых угодий. Результаты расчета выброса CH_4 от органогенных почв кормовых угодий приведены в таблице 6.49. 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 землях кормовых угодий. Выбросы CH_4 , N_2O , CO , NO_x , NMVOC от травяных пожаров (табл. 6.50) значительно варьируют год от года в прямой зависимости от площади, пройденной огнем.

Таблица 6.49

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 CH ₄
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
2007	1806,8	10515,6	78,8
2008	1787,0	10400,3	78,0
2009	1787,0	10400,3	78,0
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

Таблица 6.50

Прямые выбросы от травяных пожаров

Год	Площадь, пройденная пожарами, тыс.га*	Выбросы парниковых газов, тыс. т				
		CH ₄	CO	N ₂ O	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
2007	584,2	13,4	379,7	1,2	22,8	261,7
2008	465,0	10,7	302,3	1,0	18,1	208,3
2009	481,0	11,1	312,7	1,0	18,8	215,5
2010	447,6	10,3	290,9	0,9	17,5	200,5
2011	307,3	7,1	199,8	0,6	12,0	137,7
2012	271,2	6,2	176,3	0,6	10,6	121,5
2013	242,1	5,6	157,4	0,5	9,4	108,5
2014	231,5	5,3	150,5	0,5	9,0	103,7
2015	220,8	5,1	143,5	0,5	8,6	98,9
2016	226,2	5,2	147,0	0,5	8,8	101,3

* Площади пожаров на нелесных землях по данным Рослесхоза.

6.4.3.1.1.2 Методология сбора данных и расчетов

В Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии регулярно собираются данные по площадям пастбищ и сенокосов в стране у землепользователей, занимающихся сельскохозяйственным производством (табл. 6.51), а также их распределение по субъектам Федерации за 1990 г. и за период с 1998 по 2016 гг. (Роснедвижимость, 2006b, 2007b, 2008b, 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014, 2016, 2017). Распределение площадей по областям и регионам РФ в течение периода с 1991 по 1997 гг. было вычислено в соответствии со средним соотношением площадей кормовых угодий в субъектах РФ 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, 2006а, 2007а, 2008а, 2009а; Росреестр, 2010а, 2012а, 2013а, 2014, 2015, 2016, 2017). 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 6.51, 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 2016 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 годы и неиспользуемых в течение 2-3 последних лет. (Рост площадей в 2014 г. обусловлен включением в состав РФ Крымского федерального округа.) За этот срок качество растительного покрова пастбищ и сенокосов сохраняется, что позволяет использовать данные земли вновь. В течение 2-3 лет существенного изменения запасов углерода ни в живой биомассе, ни в почвах на этих землях произойти не может. Поэтому оценивать изменение запасов углерода на этих площадях в категории 4.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 6.51

Площади кормовых угодий землепользователей, занимающихся сельскохозяйственным производством в России, млн. га

Годы	Кормовые угодья, млн. га
1990	80,1
1995	78,7
2000	72,6
2005	72,5
2007	70,1
2008	70,3
2009	70,0
2010	70,1
2011	70,2
2012	70,3
2013	70,4
2014	70,9*
2015	70,7*
2016	70,8*

*с учетом Крымского ФО

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 2016 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» («не применимо»).

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 2016 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» («не применимо»).

Ежегодное изменение запасов углерода в минеральных и органогенных почвах земель сенокосов и пастбищ

Минеральные почвы. Расчет ежегодного изменения запасов почвенного углерода на землях сенокосов и пастбищ проводился на основе балансовой оценки соединений углерода, поступающих в почвы и выносимых из них, согласно разработанной нами модели (Романовская и др., 2014), аналогично методике, применяемой нами для пахотных земель (категория 4.В.1.ОФД).

Фотосинтез произрастающих на землях кормовых угодий растений и оставленный на пастбищах навоз (помет) сельскохозяйственных животных и птицы, рассматривались как статьи прихода (поступления) углерода в почву. Для расчета выноса углерода с земель сенокосов и пастбищ оценивали механические потери углерода почв с эрозией и дефляцией, вынос углерода с биомассой надземной части растений при покосе и потреблении пастбищных кормов животными, а также при дыхании почв. Внесение органических и минеральных удобрений, а также известкование почв теоретически могут проводиться на территории сенокосов и пастбищ и, таким образом, должны рассматриваться при оценке поступления углерода в почвы. Однако в течение 1990-2016 гг. объемы этих работ в аграрном секторе сильно сократились (внесение органических удобрений на 83,3%, минеральных – на 67,7% и известковых материалов – на 93,9%) и, по-видимому, все удобрения и добавки в настоящее время вносятся на пахотных землях. Поэтому они рассмотрены в разделе 4.В.1 ОФД (Пахотные земли).

Поступление углерода в почвы. В связи с отсутствием надежной ежегодной статистической информации о продуктивности экосистем кормовых угодий, для оценки поступления фотосинтетически связанного за год углерода и нетто-продуктивности экосистем для сенокосов и пастбищ нами использовался хлорофилльный способ (Мокроносов, 1999; Куренкова, 1998). По оценкам Г.А. Заварзина (Заварзин, 2001) в среднем для экосистем России проективное содержание хлорофилла составляет около 22 кг/га. Каждый килограмм хлорофилла обеспечивает в среднем за период вегетации связывание около 145 кг атмосферного углерода в биомассе. Таким образом, в среднем за год на гектар площади поступает около 3,19 тонн атмосферного углерода. Учитывая, что более точных данных по величине фотосинтетически связанного углерода на землях кормовых угодий не имеется, мы использовали в расчетах полученное среднее значение. В таблице 6.52 показано ежегодное поступление атмосферного углерода в экосистемы пастбищ и сенокосов при фотосинтезе растений за период с 1990 по 2016 гг.

Таблица 6.52

Поступление углерода при фотосинтезе растений на землях кормовых угодий, млн. тонн С/год

Годы	Количество углерода биомассы растений, млн. тонн/год
1990	255,64
1995	250,95
2000	231,73
2005	231,22
2007	223,59
2008	224,25
2009	223,37
2010	223,63
2011	223,87
2012	224,22
2013	224,47
2014	226,18
2015	225,37
2016	225,82

Навоз и помет сельскохозяйственных животных и птицы, остающийся на местах их выгула и выпаса рассматривался как второй источник поступления органического углерода в почвы пастбищ. При оценке поступления углерода в почвы с навозом пастбищных животных учитывали только твердые экскременты (кал). Моча животных содержит в среднем около 2,5% органических соединений (мочевина и мочевая кислота), в составе которых, в свою очередь, находится от 20 до 35% углерода (Биологический энциклопедический словарь, 1989). Однако продуктами распада этих соединений в основном являются газообразные соединения (аммиак, вода и углекислый газ). Таким образом, нами было принято, что весь углерод органических соединений мочи животных теряется в виде эмиссии CO_2 в атмосферу и органический углерод в почву не попадает.

Оценка поступления углерода с навозом и пометом в почвы пастбищ выполнялась по данным справочной литературы по суточным нормам выхода навоза и помета для разных видов сельскохозяйственных животных и птицы, а также величинам влажности их экскрементов (Минсельхоз СССР, 1983; Смирнов, Муравин, 1984). Для некоторых животных, по которым необходимые данные не обнаружены (козы, верблюды, мулы, ослы и северные олени), среднесуточный выход навоза рассчитывался с учетом соотношения коэффициентов выбросов метана от навоза (см. глава 5, Сельское хозяйство) этих видов и биологически близких видов животных, для которых выход навоза известен. Так, среднесуточный выход твердых экскрементов мулов и ослов рассчитан равным 12,3 кг сырого вещества на голову при коэффициентах выброса CH_4 от навоза этих животных и лошадей 0,76 и 1,56 кг $\text{CH}_4/\text{гол.в год}$ соответственно (МГЭИК, 1997), и среднесуточном выходе навоза от лошадей около 22,5 кг сырого вещества (Смирнов, Муравин, 1984). Влажность навоза коз принята равной влажности навоза овец, а верблюдов, ослов, мулов и северных оленей – влажности навоза лошадей. Полученные средние значения суточного выхода сырого вещества навоза и помета от разных видов пастбищных животных и птицы, их влажность, доля годового времени животных, проводимого на пастбищах (глава 5, Сельское хозяйство), а также рассчитанные по ним величины выхода сухого вещества на голову в год на территории пастбищ на примере 2016 года приведены в таблице 6.53.

Среднее содержание углерода в навозе пастбищных животных и помете птиц определялось по данным (Бамбалов, Янковская, 1994; Васильев, Филиппова, 1988). Так, в составе свежего навоза крупного рогатого скота находится около 40,2% углерода органических соединений, в навозе лошадей – 46,0% и овец – 57,6% (Бамбалов, Янковская, 1994; Агрохимия, 1984). Для навоза коз содержание углерода принято равным его доле в навозе овец, а для мулов и ослов – содержанию С в навозе лошадей. Для остальных пастбищных животных была использована величина, соответствующая среднему содержанию углерода в навозе крупного рогатого скота. Зная, что среднее содержание углерода в птичьем помете, подго-

товленном к внесению, составляет 41,5% (Васильев, Филиппова, 1988), а около 4-11% (в среднем 7,5%) органического вещества бесподстилочного помета теряется за время хранения, было определено количество углерода в свежем помете птиц (44,9%). Это величина использована нами в расчетах количества углерода помета, остающегося на пастбищах.

Для расчета количества поступающего углерода с навозом коров и другого поголовья крупного рогатого скота вместо стабильных норм выхода навоза в расчете на 1 голову и среднем содержании в нем углерода, применена методика, которая учитывает ежегодную специфику и количество потребляемых кормов (валовую энергию), а также степень их перевариваемости. В секторе сельского хозяйства данные величины рассчитываются ежегодно по регионам России для определения коэффициентов экскреции азота (см. разделы 5.3 и 5.4, табл. 5.5). Используя эти коэффициенты и среднее соотношение углерода и азота в навозе крупного рогатого скота – 10:1 (Бамбалов, Янковская, 1994) были определены ежегодные величины экскреции углерода на пастбищах (см. таблицу 6.53).

Для определения количества углерода, поступающего из твердых экскрементов в почвы пастбищ, необходимо вычесть из общей величины экскретируемого углерода его потери с газообразными эмиссиями метана и углекислого газа, а также с поверхностным смывом в водоемы. Учитывая, что потери углерода при эрозии и дефляции почв (см. ниже) определяли по данным смыва органического вещества с территории водосборов, вымывание углерода из навоза, оставленного на пастбищах, уже учтено в нашем балансе. Коэффициенты выброса метана от навоза сельскохозяйственных животных представлены в настоящем кадастре в главе 5, Сельское хозяйство, раздел 5.4 (категория 3В1 ОФД). Коэффициенты выброса углекислого газа могут быть определены на основе коэффициентов выброса CH_4 с учетом соотношения среднего выхода этих газов из навоза животных (CH_4 55-65%, CO_2 35-45%) (Козьмин и др., 1998). Полученные значения коэффициентов выброса CO_2 , приведены в таблице 6.54.

Таблица 6.53

Выход навоза и помета от пастбищных животных и птицы

Категория пастбищных животных и птицы	Среднесуточный выход навоза (помета), кг сырого вещества/гол.сутки	Влажность, %	Экскреция азота, кг N/гол. год	Доля годового времени, проводимого на пастбищах, %	Годовой выход навоза (помета) на пастбищах, кг сухого вещества/гол.год	Экскреция углерода на пастбищах, кг C/гол. год
Коровы			130,85 ¹⁾	18,6 ¹⁾		328,9 ¹⁾
Крупный рогатый скот (без коров)			69,99	25,1		130,5 ¹⁾
Буйволы	30	83		18,4		
Овцы	3,2	70,2		18,4	64,0	36,9
Козы	2,0	70,2		18,4	40,4	23,3
Верблюды	25,7	77,5		18,4	388,9	156,2
Лошади	22,5	77,5		18,4	340,3	156,6
Мулы	12,3	77,5		18,4	185,9	85,5
Ослы	12,3	77,5		18,4	185,9	85,5
Птица, в том числе:						
мясные куры	0,29	74,5		6,5	1,7	0,8
куры-несушки	0,18	74,5		6,5	1,1	0,5
цыплята	0,15	74,5		6,5	0,9	0,4
гуси	0,59	84,0		6,5	2,3	1,0
гусята	0,44	84,0		6,5	1,7	0,7
другая взрослая птица	0,44	79,3		6,5	2,1	1,0
молодняк другой птицы	0,38	79,3		6,5	1,9	0,8
Северные олени	6,0	77,5		18,4	90,3	36,3

¹⁾ По данным 2016г.

Таблица 6.54

Коэффициенты выброса углекислого газа от навоза и помета пастбищ, кг/гол.в год

Категория пастбищных животных и птицы	Коэффициенты выброса CO ₂ , кг/гол.в год
Молочный крупный рогатый скот	3,40 ¹⁾
Немолочный крупный рогатый скот	2,47 ¹⁾
Буйволы	3,33
Овцы	0,13
Козы	0,09
Верблюды	1,05
Лошади	1,04
Мулы	0,51
Ослы	0,51
Птица, в том числе:	
мясные куры	0,01
куры-несушки	0,02
цыплята	0,01
гуси	0,01
гусята	0,01
другая взрослая птица	0,03
молодняк другой птицы	0,01
Северные олени	0,25

¹⁾ По данным 2016г.

В таблице 6.55 содержатся результаты расчета общего количества экскретируемого на пастбищах углерода, выбросов CH₄ и CO₂ от навоза и помета, оставленных на пастбищах, и балансовые оценки поступления углерода из навоза (помета) в почвы за период с 1990 по 2016 гг. Следует отметить, что выбросы двуокиси углерода из навоза и помета сельскохозяйственных животных и птицы, а также выбросы CO₂ при их дыхании не учитываются в настоящем кадастре в качестве самостоятельных источников (МГЭИК, 2006). Условно принято, что потребление животными углерода с биомассой растительных кормов в течение года сбалансировано с годовыми выбросами углерода в виде CO₂ при дыхании и хранении навоза (помета). В свою очередь, вся изъятая с полей биомасса растений учитывается нами в статьях выноса углерода (выбросы CO₂).

Таблица 6.55

Поступление углерода из навоза и помета сельскохозяйственных животных и птицы в почвы пастбищ

Годы	Экскреция углерода на пастбищах, тыс. тонн С	Выбросы CH ₄ из навоза (помета) пастбищ, тыс. тонн С	Выбросы CO ₂ из навоза (помета) пастбищ, тыс. тонн С	Поступление углерода из навоза (помета) в почвы пастбищ, млн. тонн С
1990	11 295,31	40,15	9,73	11,25
1995	8 228,74	30,48	7,39	8,19
2000	5 777,20	21,72	5,27	5,75
2005	5 209,69	17,62	4,27	5,19
2007	5 165,24	16,93	4,10	5,14
2008	5 245,95	16,86	4,09	5,23
2009	5 129,12	16,10	3,90	5,11
2010	4 895,38	15,03	3,64	4,88
2011	4 934,74	15,25	3,70	4,92
2012	4 956,85	15,14	3,67	4,93
2013	5 047,76	15,26	3,70	5,03
2014	4 921,07	14,92	3,62	4,90
2015	4 943,32	14,62	3,54	4,93
2016	5 691,78	15,49	3,75	5,67

Как следует из данных таблиц 6.52 и 6.53 углерод биомассы растений является основным потоком, определяющим общее количество поступившего углерода в почвы кормовых угодий, что соответствует результатам, полученным по пахотным землям (раздел 4.В.1 ОФД). Вклад углерода навоза и помета, оставленных на территории пастбищ, менее существенен и составляет от 4,9% в 1990г. до 2,5% в 2016г. Снижение количества углерода, экскретируемого пастбищными животными и птицей, обусловлено сокращением их поголовья в аграрном секторе страны за исследуемый период. Так с 1990 года (по состоянию на 01.01.1990 и 01.01.2016 соответственно) поголовье крупного рогатого скота снизилось на 72,1%, овец и коз – на 57,2%, численность птицы сократилась на 16,3%, поголовье остальных пастбищных животных (мулы, ослы, лошади, верблюды и северные олени) – на 39,5% (данные Росстата).

Потери углерода на землях кормовых угодий. Общий вынос углерода с территории кормовых угодий рассматривался по следующим составляющим: механические потери углерода с дефляцией и эрозией почвы, вынос углерода биомассы при покосе, потреблении пастбищных кормов сельскохозяйственными животными и заготовке зеленых кормов, а также потери углерода почв при их дыхании. Ниже описана методика расчета каждого из этих потоков.

Для оценки средних потерь органического углерода в результате эрозии и дефляции на землях пастбищ и сенокосов были использованы данные научной литературы (Титлянова и др., 1998; Сидорчук, Сидорчук, 1998; Пацукевич, Козловская, 2000; Зорина, 2000; Любимов и др., 2000) и материалы справочников по качеству поверхностных вод в Российской Федерации за 1991, 1992, 1993 и 1995 годы (Росгидромет, 1993, 1994, 1995), а также информация за 1996-2013 годы (информация предоставлена ГХИ Росгидромета и отображена в ежегодниках «Качество поверхностных вод Российской Федерации»). Подробно методика расчета среднего коэффициента смыва органического углерода с гектара водосбора в водотоки приведена в разделе 6.4.2.1.2 (Ежегодное изменение запасов углерода в минеральных и органических почвах пахотных земель) (раздел 4.В.1 ОФД). Как следует из данных таблицы 6.44, в связи с отсутствием информации о величинах поверхностного стока в 1990, 1994 и 2016 гг. при проведении расчетов были взяты следующие величины: 1990г. – по консервативному сценарию было взято 25 кг/га; 1994г. – среднее между 1991, 1992, 1993 и 1995 гг.; 2016г. – среднее между 2011-2015 гг. Учитывая, что в настоящем кадастре стали доступны данные по смыву углерода за 2015 г., величина потерь углерода за 2015 г. была пересчитана. Результаты расчетов по ежегодным потерям углерода с площади кормовых угодий (пастбища и сенокосы) при эрозии и дефляции почв приведены в таблице 6.56.

Уточнение национальных коэффициентов поверхностного выноса углерода выполнено в соответствии с рекомендациями группы экспертов по проверке Национального кадастра в 2011г.

Таблица 6.56

Вынос углерода при эрозии и дефляции с земель кормовых угодий

Годы	Вынос углерода при эрозии и дефляции с земель кормовых угодий, млн. тонн /год
1990	2,00
1995	1,71
2000	1,43
2005	1,35
2007	1,54
2008	1,68
2009	1,55
2010	1,39
2011	1,86
2012	1,81
2013	1,59
2014	1,33
2015	1,22
2016	1,57

Снижение потерь углерода с эродированным материалом объясняется сокращением площадей кормовых угодий в стране на 11,6% за период с 1990 по 2016 гг. (от 80,1 до 70,8 млн. га соответственно).

Вынос углерода растительной биомассы с территории сенокосов и пастбищ рассчитывался отдельно по каждой категории земель в зависимости от особенностей ее использования. Статистические данные по валовому сбору сена естественных сенокосов (Росстат, 2009, 2011, 2013; Росстат, 2005-2016; интернет-сайт Росстата (<http://www.gks.ru>)) использованы для оценки ежегодного объема углерода скошенных трав. При этом принималось, что среднее содержание углерода в наземной биомассе луговых растений составляет 45% (МГЭИК, 2000). Валовой сбор сена, а также полученные результаты по выносу углерода с территории сенокосов с биомассой растений за период с 1990 по 2016 гг. приведены в таблице 6.57.

Для расчета количества углерода биомассы растений, потребляемой животными при выпасе, использованы ежегодные данные Росстата по общему потреблению кормовых единиц пастбищных кормов сельскохозяйственными животными в хозяйствах всех категорий. Перевод кормовых единиц в биомассу луговой растительности осуществлялся с помощью коэффициента среднего содержания кормовых единиц в 1 кг сухого вещества пастбищных кормов. Учитывая физиологические особенности переваривания корма у жвачных и нежвачных животных, коэффициенты содержания кормовых единиц в килограмме сухого вещества трав у разных животных могут отличаться. Анализ справочной литературы (Шпаков и др., 1991) свидетельствует, что для крупного рогатого скота среднее содержание кормовых единиц в килограмме сухого вещества по 96 видам пастбищных кормов составляет около 0,84. Для нежвачных животных (свиней) аналогичная величина по 56 видам зеленых кормов равна 0,86. Таким образом, в наших расчетах был использован средний коэффициент 0,85 для перевода данных из кормовых единиц в килограммы сухого вещества пастбищных трав. Содержание углерода в биомассе растений принято равным 45%. Потребление пастбищных кормов и рассчитанные значения выноса углерода с земель пастбищ показаны в таблице 6.57.

Заготовка зеленого корма, силоса и сена на территории культурных пастбищ также приводит к выносу биомассы растений и соответственной потери органического углерода. Данные по валовому сбору зеленого корма, силоса и сена на пастбищах получены из отчетных материалов Росстата (www.gks.ru). Величины по валовому сбору зеленого корма и сена на культурных пастбищах приведены в таблице 6.57. Используя коэффициент содержания С (45%) эти величины были переведены в количество углерода биомассы, изъятого при заготовке кормов.

Как следует из данных таблицы 6.57, наблюдается тенденция уменьшения выноса углерода биомассы при сенокосении (на 57,7%), выпасе животных (на 45,5%) и заготовке зеленых кормов (на 89,9%) в течение периода с 1990 по 2016 гг. Это связано со снижением поголовья скота и птицы, а также сокращением площадей кормовых угодий в аграрном секторе страны.

Дыхание почв складывается из следующих потоков: дыхание корней и дыхание почвенной микрофлоры. Последнее происходит в результате разложения почвенного органического вещества (Кудеяров, Курганова, 2005). Учитывая, что дыхание корней уже учтено нами при рассмотрении фотосинтетического связанного углерода, ассимилированного в растениях (чистая первичная продукция), нам необходимо было оценить потери углерода в форме CO_2 при разложении почвенного органического вещества. Для этого нами проанализированы данные литературы по экспериментальным оценкам дыхания разных типов почв под луговыми сообществами, измеренными в течение вегетационного периода (Ларионова, Розанова, 1993; Макаров, 1988, 1993; Курганова и др., 2007; Кудеяров, Курганова, 2005; Наумов, 1994; Кривонос, Егоров, 1983). Собранные данные по интенсивности выделения CO_2 почвами были приведены к единым единицам измерения ($\text{мг CO}_2/\text{м}^2$ в час) и усреднены. Полученные результаты приведены в таблице 6.58.

Таблица 6.57

Вынос углерода с земель сенокосов и пастбищ при покосе, потреблении пастбищных кормов и заготовке зеленых кормов и силоса

Годы	Валовой сбор сена естественных сенокосов, млн. тонн	Вынос углерода при покосе, млн. тонн С	Потребление пастбищных кормов, млн. тонн кормовых единиц	Вынос углерода с пастбищными кормами, млн. тонн С	Валовой сбор зеленого корма и силоса культурных пастбищ, млн. тонн*	Вынос углерода при заготовке зеленых кормов, млн. тонн С	Валовой сбор сена культурных пастбищ, млн. тонн**	Вынос углерода при заготовке сена пастбищ, млн. тонн С	Всего вынос углерода с биомассой, млн. тонн С
1990	23,1	10,40	26,7	14,14	3,07	1,38	0,288	0,130	26,04
1995	17,3	7,79	23,1	12,23	1,52	0,68	0,127	0,057	20,76
2000	15,1	6,80	18,0	9,53	1,02	0,46	0,085	0,038	16,82
2005	13,1	5,90	15,7	8,33	0,95	0,43	0,393	0,177	14,83
2006	12,3	5,54	15,4	8,18	0,86	0,39	0,248	0,112	14,21
2007	12,2	5,49	15,5	8,23	0,95	0,43	0,246	0,111	14,26
2008	12,1	5,45	15,4	8,14	0,90	0,41	0,214	0,096	14,09
2009	12,1	5,49	15,1	7,99	0,63	0,29	0,178	0,080	13,85
2010	11,4	5,13	14,3	7,56	0,75	0,34	0,164	0,074	13,10
2011	11,7	5,28	14,9	7,88	0,97	0,44	0,197	0,089	13,69
2012	10,8	4,84	14,6	7,74	0,66	0,30	0,111	0,050	12,93
2013	10,3	4,62	14,8	7,86	0,51	0,23	0,111	0,050	12,75
2014	10,1	4,55	14,8	7,82	0,52	0,23	0,104	0,047	12,65
2015	9,7	4,36	13,8	7,33	0,45	0,20	0,117	0,052	11,94
2016	9,8	4,39	14,5	7,70	0,30	0,14	0,051	0,023	12,24

* с учетом травяной муки и сенажа.

** с 2005 г. с учетом сена улучшенных сенокосов.

Таблица 6.58

Средние значения дыхания разных типов почв луговых биоценозов

Почва	Эмиссия CO ₂ , мг CO ₂ ·м ⁻² ·час ⁻¹	Источник
среднее по луговым биоценозам	445	(Ларионова, Розанова, 1993)
дерново-подзолистая	200	(Макаров, 1988)
торфяная	937	
дерново-подзолистая	280	(Макаров, 1993)
мерзлотно- лугово-черноземная	600	(Наумов, 1994)
дерново-подзолистая и серая лесная оподзо- ленная	500	
серая лесная осолодевшая суглинистая и дерно- во-карбонатная суглинистая	385	
дерново-подзолистая супесчаная, дерново- перегнойная суглинистая и перегнойно- поверхностно-глеевая осолодевшая	215	
чернозем (сенокос)	280	
чернозем обыкновенный	359	(Кривонос, Егоров, 1983)
дерново-слабоподзолистая песчаная (сенокос)	512	(Курганова и др., 2007)
серая лесная	342	(Кудеяров, Курганова, 2005)
среднее	421	

Учитывая, что и до, и после 1990 года органические удобрения вносились в почвы сенокосов и пастбищ в незначительных количествах, мы использовали полученное среднее значение, приведенное в таблице 6.58, при расчете почвенного дыхания на территории сенокосов и пастбищ в течение вегетационного периода без дополнительной корректировки (см. раздел 6.4.2.1.2 Ежегодное изменение запасов углерода в минеральных и органогенных почвах возделываемых земель). Однако следует учитывать, что эта величина включает в себя и дыхание корней. Во избежание двойного учета корневого дыхания, мы условно приняли, что вклад корней в общее почвенное дыхание в луговых биоценозах равен 45% (Кудеяров, Курганова, 2005). Продолжительность вегетационного периода (при среднемесячной температуре более +10°C) была определена по справочным данным для каждой области (региона) России. Данные по среднемесячным и среднегодовым температурам (°C) для всех субъектов РФ были получены на базе соответствующей метеорологической информации отдельных гидрометеостанций (Гидрометслужба СССР, 1965-1966; Hong-Kong Observatory, 2003) и усреднены.

Для корректной оценки годового потока CO₂ и соответствующих потерь углерода на территории земель кормовых угодий необходимо также рассчитать величину дыхания почв вне вегетационного периода. Для расчета годового дыхания почв использовался показатель вклада летней эмиссии, как наиболее стабильная величина для моделирования годовых потоков углекислого газа из почв естественных экосистем. Математическая взаимосвязь между величиной вклада летнего потока CO₂ в суммарный годовой поток дыхания почв и среднегодовой температурой воздуха была определена в работе В.Н. Кудеярова и И.Н. Кургановой (2005):

$$Cs = -2,7 \cdot Tв + 59,7, \quad (6.35)$$

где: Cs – вклад летнего дыхания почв в годовой поток, %

Tв – среднегодовая температура воздуха, °C.

Эта формула и была использована в расчетах годового потока CO₂ от почв постоянных кормовых угодий всех областей России. Затем находили суммарную годовую эмиссию с территории страны и переводили в единицы углерода. Полученные результаты по ежегод-

ным потерям углерода с микробным дыханием почв земель сенокосов и пастбищ за период с 1990 по 2016 гг. приведены в таблице 6.59.

Сокращение дыхания почв и соответственных потерь углерода после 1990г. обусловлено сокращением площадей кормовых угодий в стране в течение рассматриваемого периода.

Ежегодный баланс углерода. На основании полученных оценок поступления и выноса углерода был составлен общий ежегодный баланс углерода на землях кормовых угодий за период 1990-2016 гг., который приведен в таблице 6.48 выше. Годовое нетто поглощение углерода в расчете на гектар земель кормовых угодий в стране представлено на рисунке 6.17.

Таблица 6.59

Потери углерода с земель сенокосов и пастбищ при дыхании почв

Годы	Потери углерода при дыхании почв, млн. тонн С
1990	236,31
1995	231,89
2000	214,28
2005	218,06
2007	211,81
2008	212,84
2009	212,11
2010	212,64
2011	212,97
2012	213,56
2013	213,84
2014	214,16
2015	214,15
2016	215,14

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, 1995а, 2000; Росстат, 2004; Росстат, 2005-2016; Роснедвижимость, 2007b, 2008b, 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014, 2015, 2016, 2017) 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). Их доля от общей площади кормовых угодий постепенно сокращается от 2,59% (2006г.) до 2,49% (2016г.). Уточнение площадей органогенных почв выполнено в соответствии с рекомендациями группы экспертов по проверке Национального кадастра РФ в 2011г.

В настоящем кадастре для оценки выброса CO₂ от органогенных почв кормовых угодий впервые применяется методика в соответствии с уровнем 1 и коэффициенты по умолчанию из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2014). Согласно рекомендациям, содержащимся в главе 2, раздел 2.2.1, выбросы CO₂ от осушенных почв происходят непосредственно на территории осушения (EF_CO₂_on-site) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO₂_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

- EF_CO₂_on-site (= 5,7 тоннС/га/год) – табл. 2.1, раздел 2.2.1.1, стр. 2.9-2.11 для луговых ценозов бореальной зоны;

- EF_CO₂_DOC (= 0,12 тонн 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 CH₄ 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 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для луговых ценозов бореальной зоны;
- Предполагается, что 50% осушенных органогенных почв кормовых угодий находится в стадии мелкого осушения и 50% – глубокого осушения. Поэтому EF_ditch была рассчитана как среднее между двумя коэффициентами по умолчанию:
- EF_ditch (= 1165 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для пахотных земель и глубоко осушенных луговых ценозов бореальной/умеренной зон;
- EF_ditch (= 527 CH₄ кг/га/год) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для мелко осушенных луговых ценозов бореальной/умеренной зон;

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен 43,63 CH₄ кг/га/год, который и был использован в расчетах.

Результаты расчета выброса CH₄ от органогенных почв кормовых угодий приведены в таблице 6.49 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 (CH₄, N₂O, CO, NO_x, NMVOC) от травяных пожаров проводили по формуле 6.36(МГЭИК, 2006):

$$L_{\text{пожар}} = A M_B C_f G_{\text{ef}} 10^{-3} \quad (6.36)$$

где: L_{пожар} – количество выбросов парниковых газов от пожара; тонн каждого парникового газа, например, CH₄, N₂O и т.д.;

A – выжигаемая площадь, га;

M_BC_f – произведение массы доступного для горения топлива и коэффициента сгорания = потребление топливной массы (мертвое органическое вещество плюс живая биомасса) при пожаре, тонн сухого вещества га⁻¹. Для расчетов использовано среднее значение 10,0 тонн га⁻¹ для пастбищ (таблица 2.4, МГЭИК, 2006);

G_{ef} – коэффициент выбросов; г/кг сжигаемого сухого вещества (таблица 2.5, МГЭИК, 2006). Коэффициент выбросов для оценки выброса неметановых углеводородов (NMVOC) при сжигании биомассы был взят из работы (Akagi et al., 2011).

Результаты расчетов выбросов парниковых газов от травяных пожаров приведены в таблице 6.50 выше.

6.4.3.1.1.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Точность статистических исходных данных по площадям земель сельскохозяйственного назначения оценивается не более ±5%.

Расчет неопределенности балансовой оценки почвенного углерода минеральных почв постоянных кормовых угодий выполнен пошагово в соответствии с уровнем 1 МГЭИК. Неопределенности статистических данных, использованных в расчетах, составляют ±5%. Точность средних значений хлорофилльного индекса и связанного углерода определены на ос-

нове статистического анализа данных, использованных для усреднения, и равны соответственно $\pm 13,3$ и $\pm 19,14\%$. Их произведение дает среднюю величину продуктивности хлорофилла с неопределенностью $\pm 23,31\%$. Таким образом, общая неопределенность оценки поступления углерода с фотосинтезом на территории кормовых угодий определена с неопределенностью $\pm 23,84\%$.

Для оценки поступления углерода с навозом пастбищных животных были использованы следующие неопределенности:

- время, проведенное на пастбищах крупным рогатым скотом $\pm 5\%$, остальными категориями животных $\pm 10\%$;
- коэффициенты выброса метана из навоза крупного рогатого скота $\pm 3\%$, остальных категорий животных $\pm 4,6\%$ (см. раздел по сельскому хозяйству);
- коэффициент эмиссии CO_2 из навоза $\pm 5\%$ (по данным Козьмина и др, 1998);
- влажность навоза $\pm 6,4\%$ (по данным использованной литературы);
- содержание углерода в навозе $\pm 2,49\%$ (по данным использованной литературы);
- коэффициенты экскреции азота крупным рогатым скотом $\pm 22,45\%$ (на основании неопределенности ежегодной оценки валовой энергии кормов $\pm 2\%$, соотношения грубого протеина в корме $\pm 10\%$ и коэффициента удержания азота в теле животных $\pm 20\%$);
- соотношение C:N в навозе крупного рогатого скота $\pm 30\%$ (по данным использованной литературы);
- среднегодовой выход навоза животных (кроме крупного рогатого скота) – от $\pm 11,1\%$ (лошади, мулы, ослы) до $\pm 83,3\%$ (птица);

Расчет неопределенности поступления углерода в почвы с навозом пастбищных животных выполнялся отдельно по каждой категории животных, затем найдена неопределенность суммы, равная $\pm 20,9\%$.

Неопределенность выноса углерода с территории кормовых угодий также определена пошагово. Коэффициент содержания кормовых единиц в пастбищных кормах имеет неопределенность $\pm 15,48\%$ а содержание углерода в биомассе $\pm 8,89\%$ (на основе использованных литературных данных, в том числе (Кормовые нормы и состав кормов, 1991)). На основе этих значений неопределенность выноса углерода с кормами и сеном оценена равной $\pm 11,38\%$. Неопределенность коэффициента выноса углерода с механическими потерями (эрозия и дефляция) рассчитана на основе статистического анализа данных, использованных для усреднения, и соответствует $\pm 93,1\%$. Таким образом, общая неопределенность расчета потери углерода с механическими потерями равна $\pm 93,24\%$. Для оценки неопределенности выноса углерода с дыханием почвы были использованы следующие значения неопределенностей:

- длительность вегетационного периода $\pm 7,38\%$ (на основе межгодовой вариабельности);
- средний коэффициент дыхания почв $\pm 46,27\%$ (на основе статистического анализа данных, использованных для усреднения);
- вклад дыхания корней $\pm 25\%$ (по данным (Благодатский и др., 1993));
- среднегодовая температура $\pm 17,86\%$ (по межгодовой вариабельности);
- вклад летнего дыхания $\pm 7,87\%$ (по данным (Кудяров, Курганова, 2005)).

Неопределенность оценки эмиссии CO_2 с дыханием почв выполнялась отдельно по каждому региону. Ошибка суммы по стране рассчитана равной $\pm 10,38\%$.

На основании полученных данных общая неопределенность модуля баланса запасов углерода минеральных почв постоянных кормовых угодий оценивается в пределах $\pm 12,65\%$.

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 катего-

риям в соответствии с уровнем 1 МГЭИК определена равной для выброса CO₂ $\pm 49,23\%$, для CH₄ от кормовых угодий соответственно $\pm 69,70\%$.

Неопределенность оценок выбросов метана и закиси азота от пожаров складывается из неопределенности оценок площадей пожаров $\pm 20\%$ и объединенной неопределенности коэффициентов выбросов и потребления топливной биомассы (для метана – $\pm 108\%$, для закиси азота – $\pm 112\%$).

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованны.

6.4.3.1.1.4 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. В частности, опубликована статья в рецензируемом издании (переводимом на английский язык) по оценке динамики углерода в почвах кормовых угодий в журнале «Известия РАН» (Романовская, Карабань, 2008).

6.4.3.1.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

При оценке потерь почвенного углерода минеральных почв величина эрозии и дефляции за 2015 г. была пересмотрена на основе уточненных данных. Это привело к незначительным пересчетам общего баланса углерода в минеральных почвах кормовых угодий в 2015 году.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.3.1.2 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 «не применимо» («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 6.60.

Таблица 6.60

Накопление углерода в биомассе и мортмассе земель, переведенных из пахотных в управляемые кормовые угодья

Годы	Площади переведенных земель, тыс. га*	Изменение запасов углерода биомассы, тыс. тонн С	Изменение запасов углерода мортмассы, тыс. тонн С
1990	1 167,6	417,7	345,6
1995	11 442,9	3555,2	2941,5
2000	26 056,4	7977,5	6600,5
2005	36 364,3	11394,0	9427,3
2006	32 816,2	11740,0	9713,6
2007	33 032,9	11817,5	9777,7
2008	30 085,1	10763,0	8905,2
2009	28 304,1	10125,8	8378,0
2010	30 242,4	10401,5	8606,1
2011	29 513,2	9810,9	8117,5
2012	29 913,0	9388,8	7768,2
2013	29 655,7	8491,0	7025,4
2014	30 673,3	8084,5	6689,1
2015	30 261,1	6728,8	5567,3
2016	29 534,3	5700,2	4716,3

**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 6.61.

Таблица 6.61

Накопление углерода почвами земель, переведенных из пахотных в управляемые кормовые угодья

Годы	Среднее ежегодное поглощение, тонн С/га	Общее поглощение С, тыс. тонн
1990	0,10	112,5
1995	1,42	16 235,2
2000	0,77	19 975,6
2005	0,78	28 515,9
2006	0,62	20 412,4
2007	0,70	23 145,0
2008	0,65	19 654,5
2009	0,61	17 240,9
2010	0,57	17 176,1
2011	0,53	15 628,8
2012	0,49	14 769,6
2013	0,49	14 642,5
2014	0,49	15 145,0
2015	0,49	14 941,5
2016	0,49	14 582,6

Выбросы CO₂ и CH₄ от органических почв пашен, переведенных в кормовые угодья, приведены в таблице 6.62.

Таблица 6.62

Выбросы углекислого газа и метана на территории органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в кормовые угодья, тыс. тонн

Годы	Доля органогенных почв в общей площади кормовых угодий, %	Площадь органогенных почв бывших пахотных земель, переведенных в кормовые угодья, тыс. га/год	Выброс CO ₂ , тыс. тонн С	Выброс CH ₄ , тыс. тонн CH ₄
1990	2,88	33,6	195,5	1,5
1995	2,88	286,0	1664,3	12,5
2000	2,88	641,7	3734,6	28,0
2005	2,88	916,5	5334,0	40,0
2006	2,88	944,3	5496,0	41,2
2007	2,87	949,2	5524,4	41,4
2008	2,80	841,6	4898,1	36,7
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	812,6	4729,1	35,5
2014	2,73	838,7	4881,1	36,6
2015	2,73	826,8	4812,0	36,1
2016	2,71	799,8	4655,0	34,9

6.4.3.2.1.2 Методология сбора данных и расчетов

По официальной статистической информации (Госкомстат, 1995а, 1998, 2000; Росстат, 2002; Росстат, 2005-2017; Роснедвижимость, 2007b, 2008b, 2009b; Росреестр, 2010b, 2012b, 2013b, 2014, 2015, 2016, 2017) оценена площадь земель, выведенных из сельскохозяйственного использования с 1990 по 2016г. включительно, которая составляет 30,7 млн. га (рис. 6.18). 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 РФ и отдельно для каждого региона.

Значительные территории были переведены из пашни в сенокосы и пастбища в Центральном районе, в Северо-Западном округе, в Поволжье, в Уральском и Дальневосточном округах. Наименьшая удельная площадь брошенных пахотных угодий наблюдается в центрально-черноземном и южных районах РФ с благоприятными для сельского хозяйства климатическими и почвенными условиями.

В 2008 и 2009 гг. впервые за период с 1990 года часть переведенных угодий была вновь распахана. В 2011 году распахке подверглось около 808 тыс. га земель, переведенных в кормовые угодья. Еще меньшая площадь (266 тыс. га) была вновь распахана в 2013 году. В 2016 г. распахано 804,8 тыс. га. Очевидно, что для этого были использованы земли, на которых не успели полностью сформироваться луговые сообщества и пройти сильное задернение, т.е. заброшенных в течение не более 2-3 последних лет. Поэтому было условно принято, что на этих землях существенного изменения запасов углерода ни в живой биомассе, ни в почвах произойти не может и оценивать изменение запасов углерода на этих площадях в категории 4.В.2. Земли, переустроенные в пахотные земли, было бы некорректно. Оценка изменения запасов углерода на этих землях включены в категорию постоянно обрабатываемые пахотные земли (раздел 4.В.1 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 20 годам (МГЭИК, 2006).

Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии принятыми равными нулю. Как правило, все пахотные земли, использованные в сельскохозяйственном производстве в предыдущем году, подвергаются вспашке осенью или весной для подготовки к следующему сезону. В случае оставления таких земель для естественного зарастания посев культурных растений в год конверсии не производится. Таким образом, биомасса на пахотных землях в первый год конверсии равна нулю.

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. 6.63). Для перевода количества сухого вещества биомассы в запасы углерода использован стандартный переводной коэффициент 0,45 (Левин, 1977).

Таблица 6.63

Средние запасы биомассы и мортмассы луговых ценозов РФ (по данным Базилевич, 1993)

Показатель	Бореальная зона	Суббореальная зона	Среднее
Запасы общей биомассы, тонн сух.в-ва/га	18,4	13,4	15,9
Запасы углерода биомассы, тонн С/га	8,28	6,03	7,16
Неопределенность запаса углерода биомассы, $\pm\sigma$ %	$\pm 64,6$	$\pm 54,4$	$\pm 43,8$
Запасы мортмассы, тонн сух.в-ва/га	11,2	18,4	14,8
Запасы углерода мортмассы, тонн С/га	4,48	7,36	5,92
Неопределенность запаса углерода мортмассы, $\pm\sigma$ %	$\pm 52,9$	$\pm 63,2$	$\pm 44,1$

Учитывая принятый период конверсии, полученные коэффициенты по запасам углерода до и после конверсии были разделены на 20. Таким образом, в среднем при преобразовании пахотных земель в земли кормовых угодий в резервуаре биомассы ежегодно накапливается 0,358 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 6.60 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 субборе-

альной зоны (8 ценозов). Экспериментальные данные были усреднены по каждой из зон и определены их неопределенности (см. табл. 6.63). 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 6.60 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 Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН 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 CO₂ почвами бывших пахотных земель России с 1990 по 2006 год и определение коэффициентов для использования в дальнейших расчетах (после 2006г.).

Для проведения расчетов поглощения CO₂ 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 зем-

лях по сравнению с пахотными почвами. После трех лет зарастания брошенных посевов многолетних трав на болотных низинных почвах Мурманской области в слое почвы 0-20 см накоплено 0,07% С от уровня пашни. В среднем для шести- и восьмилетних залежей этих почв содержание органического углерода увеличилось соответственно на 0,2% и 0,46% С. В Свердловской области в течение 16 лет зарастания содержание органического углерода чернозема оподзоленного увеличилось на 0,94% С ($15,2 \pm 1,7$ т С/га), а дерново-подзолистые суглинистые почвы накапливали в среднем $0,08 \pm 0,03\%$ С/год ($1,40 \pm 0,46$ т С/(га/год)). В Московской области серые лесные почвы в среднем накопили около 0,5% С ($14,8 \pm 1,6$ т С/га) в течение 15ти лет; дерново-подзолистые суглинистые почвы – 0,3% С ($8,9 \pm 0,9$ т С/га) и дерново-подзолистые супесчаные – 0,6% С ($17,8 \pm 1,9$ т С/га) за этот период (Романовская, 2008).

В южных регионах (Ставропольский край) брошенные пахотные почвы характеризовались потерями органического углерода в течение первых 3-5 лет зарастания. Средние потери углерода за первые 4 года в пахотном горизонте составили около $2,2 \pm 1,2$ тонн С/га в год. По-видимому, значительные потери объясняются теплым климатом этих регионов, который способствует быстрой минерализации органического вещества, а также малой продуктивностью луговых биоценозов в степной зоне и сравнительно медленным развитием сукцессии на залежах этой зоны. После 4х летнего возраста к 12 годам зарастания почвы в среднем накопилось $0,5 \pm 0,2\%$ С, что соответствует около $11,0 \pm 5,3$ тонн С/га ($1,24 \pm 0,56$ тонн С/га в год). Черноземы характеризовались меньшими темпами накопления углерода после 4х лет зарастания ($0,04 \pm 0,02\%$ С в год) по сравнению с темно-каштановыми почвами – $0,08 \pm 0,02\%$ С в год, в то время как, темпы потерь до возраста 4-х лет были очень близки: $0,10 \pm 0,035\%$ С в год и $0,09 \pm 0,023\%$ С соответственно (Романовская, 2008).

На основании анализа результатов первого этапа моделирования и данных полевых исследований на 80 пробных площадках 4-х регионов России были уточнены входные данные модели по запасам углерода исходных пахотных почв. Также проведена калибровка констант минерализации органического вещества, используемых в модели RothC, для ее адаптации к специфике скоростей микробных процессов в зарастающих землях. Полученные экспериментальные результаты по интенсивности дыхания образцов почв Луховского и Дмитровского районов Московской области свидетельствуют, что наблюдается тенденция увеличения величины минерализованного углерода почв по отношению к его общему пулу в течение зарастания брошенных пахотных угодий луговой растительностью. Разработаны калибровочные коэффициенты для зон смешанных и широколиственных лесов от 5 до 35 лет зарастания ($R^2 = 0,99$):

$$KK = 0,00008x^3 - 0,0057x^2 + 0,1397x + 0,4667, \quad (6.37)$$

где: KK – калибровочный коэффициент для константы минерализации органического вещества почв;

x – время зарастания, годы.

На примере исследования почв Мурманской области получен калибровочный коэффициент для условий северной тайги (понижение константы минерализации гумифицированного органического вещества почвы с четвертого года зарастания на 10%).

По результатам полевых исследований входные параметры модели RothC по ежегодному поступлению растительных остатков на зарастающих пахотных угодьях были изменены в целях получения максимально приближенных результатов модельных расчетов к экспериментальным данным. Моделирование продуктивности наземной биомассы на бывших пахотных землях Свердловской области и Ставропольского края верифицировано с экспериментальными данными. При моделировании продуктивности растительности в Московской и Свердловской областях (зоны смешанных и широколиственных лесов) получены сходные зависимости: в течение первых 5-6 лет зарастания происходит резкое нарастание продуктивности наземной биомассы, связанное с бурным развитием однолетних и корневищных растений, после 5-6-го года начинают формироваться сообщества длиннокорневищных и рыхлодерновинных злаков, и общая продуктивность трав снижается. В менее благоприят-

ных 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 $1,08 \pm 0,45$ тонн $\text{C}/\text{га}/\text{год}$, а после 2000 года – $0,97 \pm 0,21$ тонн $\text{C}/\text{га}$ 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. 6.19). 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. 6.20). 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.

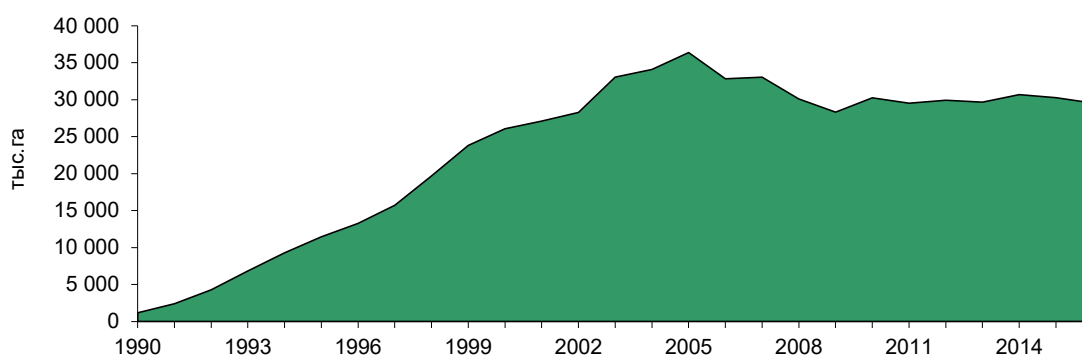


Рисунок 6.18 – Площади земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья, тыс.га.

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 сред-

нем на 6^{ой} год зарастания) (см. рис. 6.19). Нисходящая кривая, приведенная на рисунке 6.19, после 1996 года описывается следующим уравнением ($R^2=0,695$):

$$C_{\text{акк}} = 1,623 \cdot \text{EXP}^{(-0,07 \cdot \text{число лет})}, \quad (6.38)$$

где: $C_{\text{акк}}$ – аккумуляция углерода почв, тонн С/га/год;

число лет – порядковое число лет после прохождения пика аккумуляции углерода (в среднем 6^{ой} год).

Таким образом, для лет 2007-2016 гг. расчеты ежегодного накопления углерода были выполнены в соответствии с уравнением 6.38. Результаты расчетов приведены в таблице 6.61 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). 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.

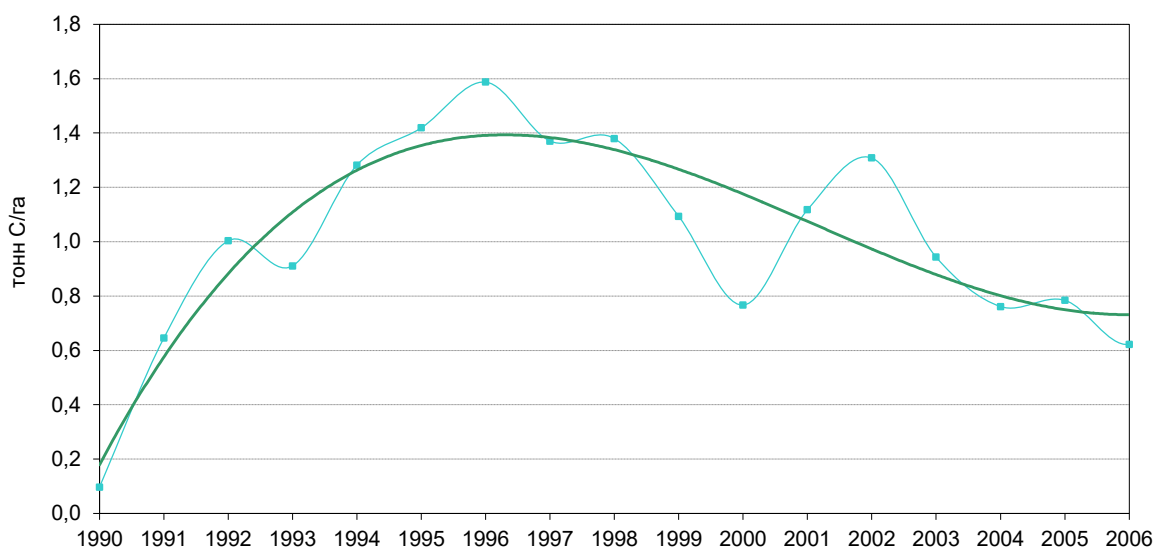


Рисунок 6.19 – Ежегодное поглощение углерода почвами земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья в течение периода 1990-2006, тонн С/га

Органогенные почвы. Несмотря на то, что метод оценки 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 6.61 и таблицах ОФД для минеральных почв пашен, переведенных в кормовые угодья, объясняется применением данных из таблицы 6.61 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 приведе-

на 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 ($\text{EF_CO}_2\text{-on-site}$) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) ($\text{EF_CO}_2\text{-DOC}$). Эти коэффициенты соответствуют:

- $\text{EF_CO}_2\text{-on-site}$ (= 5,7 тонн С/га/год) – табл. 2.1, раздел 2.2.1.1, стр. 2.9-2.11 для луговых ценозов бореальной зоны;
- $\text{EF_CO}_2\text{-DOC}$ (= 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 6.62 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 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 расчетов приведены в таблице 6.62 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 «не применимо» («NA»), а для природных пожаров – «не происходит» («NO»), т.к. такой вид конверсии (из лесных земель в кормовые угодья) в РФ в течение 1990-2016 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 $\pm 5\%$.

В кадастре выполнена оценка изменения запасов углерода биомассы и мортмассы при конверсии пахотных земель в кормовые угодья. Для этого использованы средние запасы углерода биомассы и мортмассы из (Базилевич, 1993). Соответствующие коэффициенты и их неопределенность приведены в таблице 6.63. Неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$). Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет $\pm 44,39\%$ и $\pm 44,63\%$ соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы бывших пахотных угодий (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

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 6.64. Ошибку суммы величин накопления углерода почвами залежных земель находили по формуле 6.39:

$$U_{\text{sum}} = \sqrt{(U_1+X_1)^2 + (U_2+X_2)^2 + \dots + (U_n+X_n)^2} / (X_1+X_2+\dots+X_n) \quad (6.39)$$

где: U_{sum} – общая неопределенность суммы, %;

$U_1 \dots U_n$ – неопределенность отдельных слагаемых, %;

$x_1 \dots x_n$ – значения слагаемых.

Рассчитанная ошибка для суммы изменений запасов почвенного углерода бывших пахотных земель, приведенных в таблице 6.64, 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 $\pm 14,9\%$, 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 $\pm 49,23\%$ и для CH_4 $\pm 69,70\%$.

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).

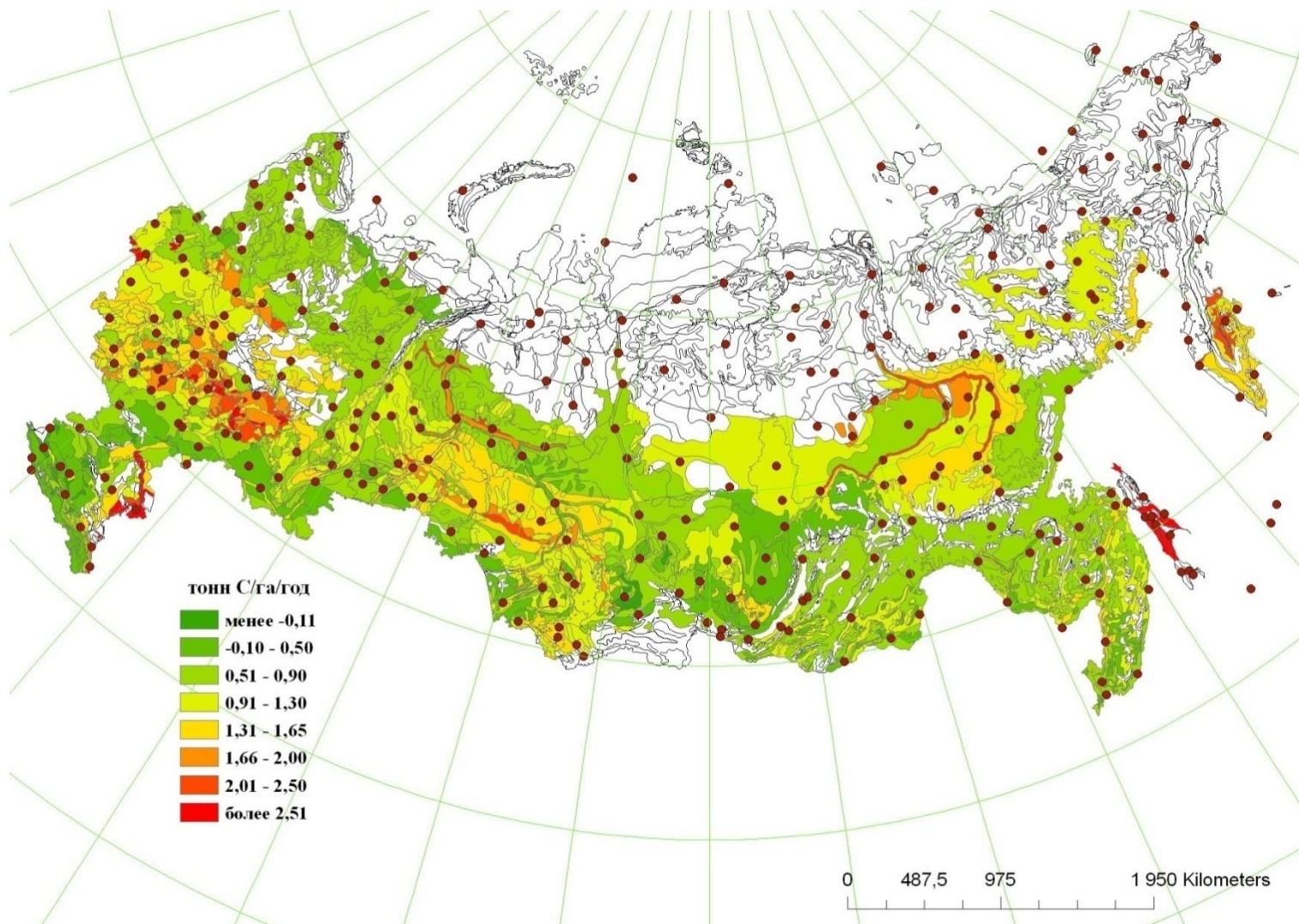


Рисунок 6.20 – Среднее изменение запасов органического углерода в почвах земель, переведенных из пахотные в кормовые угодья, за период после 2000г., тС/га в год (белый цвет соответствуют регионам, где нет пахотных земель; ● – сеть метеостанций)

Таблица 6.64

Оценка неопределенности оценки поглощения CO₂ почвами земель, переведенных из пахотных в кормовые угодья (Романовская, 2008)

Область и тип почвы	Возраст залежи, годы	Среднее накопление С, тонн С/га в год		Ошибка расчетов,	
		Экспериментальные данные	Модельные расчеты	тонн С/га	%
Ленинградская обл., дерново-подзолистая супесчаная	19	0,52	0,62	0,10	+18,3
Владимирская обл., дерново-подзолистая супесчаная	12	1,17	1,66	0,49	+41,8
Красноярский край, чернозем обыкновенный	15	4,32	1,20	3,12	-72,2
Ростовская обл., чернозем обыкновенный	11	1,30	1,01	0,29	-22,3
Ростовская обл., каштановая почва	20	0,81	0,74	0,07	-8,8
	25	0,85	0,99	0,15	+17,6
			0,64	0,21	-25,0
Пензенская обл., чернозем выщелоченный	35	1,37	0,60	0,77	-56,2
Волгоградская обл., каштановая почва	15	0,42	0,52	0,10	+22,8
		0,36	0,25	0,11	-31,6
		0,13	0,25	0,12	+89,3
Бурятия, каштановые почвы	12	0,90	0,71	0,17	-20,7
		1,10	1,76	0,66	+60,0
Ошибка суммы ±14,9					

6.4.3.2.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной подкатегории пересчетов не выполнялось.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.3.2.2 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 2016 г. площадь таких земель составила 5448,2 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 «не применимо» («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 6.65.

Таблица 6.65

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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	8,038	8,038	0,00	710,69	710,69	57,52	47,59
2011	55,296	47,257	0,00	4177,89	4177,89	338,12	279,76
2012	88,394	33,099	0,00	2926,18	2926,18	236,82	195,94
2013	88,394	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	254,080	165,686	0,00	14647,91	14647,91	1185,48	980,86
2015	254,080	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	339,162	85,082	0,00	7521,92	7521,92	608,76	503,69

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 6.63. Поэтому нами было рассчитано накопление биомассы при конверсии прочих земель в луговые угодья. Результаты приведены в таблице 6.65 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 6.63.

Учитывая, что до конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует, нами рассчитано накопление углерода в данном резервуаре. Результаты приведены в таблице 6.65 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 органо-генные почвы.

Конечный запас углерода почв неуправляемых луговых угодий после конверсии был определен по данным литературы. Так по данным (Честных и др., 2004) на исследованных луговых угодьях РФ авторами были определены следующие запасы органического углерода почв в слое 0-30 см: 93±9 т С/га, 119±14, 77±5, 108±10 и 156±23 т С/га; в слое 0-50 см. эти запасы соответствовали: 127±13, 173±28, 105±7, 139±14 и 205±33 т С/га. В исследовании

(Титлянова, Тесаржова, 1991) получены запасы почвенного углерода в слое 0-50 см: сухая степь 1 – 40,6 т С/га; сухая степь 2 – 53,2; настоящая степь 3 – 78,9; настоящая степь 4 – 36,5; луговая степь 5 – 134,6; луговая степь 6 – 136,9; остепненный луг 7 – 137,2; и мезофитный луг 8 – 190,1 т С/га. Используя среднее соотношение по запасам углерода в слоях 30 и 50 см верхнего горизонта почв, полученные по данным (Честных и др., 2004) (73,8%), можно рассчитать запасы органического углерода в слое 0-30 см, исследованных в (Титлянова, Тесаржова, 1991): 1 – 30,0; 2 – 39,3; 3 – 58,2; 4 – 27,0; 5 – 99,3; 6 – 101,0; 7 – 101,3 и 8 – 140,3 т С/га. На основании всех имеющихся данных было рассчитано среднее значение запасов углерода почв неуправляемых луговых угодий, которое равно $88,4 \pm 40,5$ т С/га. Эта величина была использована в качестве начального запаса углерода почв до конверсии.

Период конверсии принят равным одному году. Результаты расчета приведены в таблице 6.65 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 6.63. Площади переведенных прочих земель в кормовые угодья получены на основе составленной матрицы конверсии земель. Поэтому неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$). Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет $\pm 44,39\%$ и $\pm 44,63\%$ соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

Учитывая, что точность площадей переведенных земель оценивается в пределах $\pm 10\%$, допущение о нулевом запасе углерода почв прочих земель имеет неопределенность $\pm 20\%$, а средние запасы углерода луговых почв: $\pm 45,82\%$ (по данным экспериментальных работ, использованных для усреднения – см. выше), объединенная неопределенность накопления углерода почв при конверсии прочих земель в луговые угодья рассчитана равной $\pm 22,36\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов 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 2010-2015 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 антропо-

генного воздействия, поэтому изменения запасов углерода были оценены и приведены в соответствующей таблице ОФД.

По данным Федерального агентства водных ресурсов 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 CO₂.

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 6.63. 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 6.63.

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 6.63. Площади переведенных затопленных земель в кормовые угодья получены на основе статистических данных Федерального агентства водных ресурсов. Неопределенность оценки площадей принята равной $\pm 5\%$.

Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет $\pm 44,12\%$ и $\pm 44,36\%$ соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов 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 оценки по данной категории выполнены впервые.

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 6.66.

6.4.4.1.2 Методология сбора данных и расчетов

Выбросы CO₂ 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 сбор показателей осуществляется в соответствии с постановлением Правительства РФ от 01.06.2009 № 457, в котором не предусмотрен сбор информации по площадям торфоразработок. Поэтому отсутствующие данные за 1991-1995 гг. и за 1997 г. получены методом интерполяции известных статистических данных. Площади за 2008-2016 гг. вычислены методом линейной экстраполяции.

Выброс CO₂ рассчитывается в соответствии с методом Уровня 1 и коэффициентами, рекомендованными в дополнительном руководстве МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013).

Согласно рекомендациям, содержащимся в главе 2, раздел 2.2.1., выбросы CO₂ при торфоразработках происходят непосредственно на территории осушения (EF_CO₂_on-site) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) (EF_CO₂_DOC). Эти коэффициенты соответствуют:

- EF_CO₂_on-site (= 2,8 тонн С/га/год) – табл. 2.1, раздел 2.2.1.1., стр. 2.9-2.11 для торфоразработок в бореальной и умеренной зоне;
- EF_CO₂_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 2,92 тонн С/га/год, который и был использован в расчетах. Результаты расчета площадей торфоразработок и потерь углерода с них приведены в таблице 6.66.

Таблица 6.66

Площади управляемых водно-болотных земель (торфоразработки) и выбросы парниковых газов

Годы	Площади управляемых водно-болотных земель, тыс. га	Выброс CO ₂ , тыс. тонн С	Выброс N ₂ O, тыс. тонн N	Выброс CH ₄ , тыс. тонн
1990	316,6	924,47	0,095	10,41
1995	309,6	904,03	0,093	10,18
2000	261,0	762,21	0,078	8,59
2005	223,1	651,45	0,067	7,34
2006	222,2	648,90	0,067	7,31
2007	218,7	638,60	0,066	7,19
2008	215,2	628,29	0,065	7,08
2009	211,6	617,99	0,063	6,96
2010	208,1	607,69	0,062	6,85
2011	204,6	597,39	0,061	6,73
2012	201,1	587,09	0,060	6,61
2013	197,5	576,78	0,059	6,50
2014	194,0	566,49	0,058	6,38
2015	190,5	556,18	0,057	6,26
2016	186,9	545,88	0,056	6,15

Выбросы N_2O при торфоразработках представлены в таблице 6.66 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 $0,3 \text{ кг } N-N_2O/\text{га}/\text{год}$, приведенном в таблице 2.5, раздел 2.2.2.2, стр. 2.28 -2.29 (IPCC, 2013). Результаты расчета приведены в таблице 6.66.

Выбросы CH_4 оценены в соответствии с уравнением 2.6, стр. 2.18, глава 2 (IPCC, 2013). Использованы следующие коэффициенты:

- $F_{\text{rac_ditch}}$ (= 0,05) – табл. 2.4, раздел 2.2.2.1, стр. 2.25 для торфоразработок бореальной/умеренной зон;
- EF_{land} (= $6,1 \text{ CH}_4 \text{ кг}/\text{га}/\text{год}$) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для торфоразработок бореальной/умеренной зон;
- EF_{ditch} (= $542 \text{ CH}_4 \text{ кг}/\text{га}/\text{год}$) – табл. 2.3, раздел 2.2.2.1, стр. 2.21 для торфоразработок бореальной/умеренной зон.

Таким образом, полученный комбинированный пересчетный коэффициент равен $32,895 \text{ CH}_4 \text{ кг}/\text{га}/\text{год}$, который и был использован в расчетах. Результаты расчета выброса CH_4 от торфоразработок приведены в таблице 6.66. 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»).

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 $\pm 50\%$. Совокупная неопределенность расчетов в соответствии с уровнем 1 МГЭИК определена равной для выброса $CO_2 \pm 72,95\%$, для $CH_4 \pm 94,45\%$ и для $N_2O \pm 79,39\%$. Таким образом, использование новых коэффициентов из дополнительного руководства МГЭИК по водно-болотным угодьям (IPCC, 2013) сократило неопределенность оценок выбросов CO_2 в 3,5 раза, а для выброса N_2O – в 2 раза, по сравнению с расчетами по методологии МГЭИК 2000 года.

Общая неопределенность расчетов по категории управляемых водно-болотных угодий составляет $\pm 67,9\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов 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 до-

ложены на международной научно-практической конференции в г. Томске в 2014 г. (Коротков, Романовская, 2014).

6.4.4.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

Пересчетов в данной подкатегории в настоящем кадастре не выполнялось.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.4.2 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 «не происходит» («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 «не оценивалось» («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 «не применимо» («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 6.67.

Таблица 6.67

Потери углерода при обводнении площадей (тыс. га.) при строительстве и вводе в действие новых водохранилищ

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015-2016
Ежегодные обводненные площади при строительстве и вводе в действие новых водохранилищ, тыс. га	4,8	2,9	0,1	9,7	3,31	12,9	12,9	0,0	0,05	0,00	1,09	156,2	0,0
Потери углерода, тыс. т С	10,208	7,927	0,533	1,260	14,305	5,550	5,537	0,000	0,002	0,000	7,270	198,198	0,000

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 затопляемых земель с учетом начальной категории землепользования, предоставленные Федеральным агентством водных ресурсов, и рассчитаны потери углерода и выбросы CO₂ для следующих категорий перевода земель:

- Лесные земли;

- Сенокосы и пастбища;
- Пашни;
- Поселения;
- Водно-болотные угодья;
- Прочие земли.

Оценка полных потерь углерода выполнялась от пулов живой биомассы и дебриса (мертвого органического вещества).

Потери углерода при переводе лесных земель выполнено на основе средних запасов надземной, подземной биомассы и дебриса по субъектам РФ (см. таблицу 6.78).

Принято, что при затоплении пашни и прочих земель потерь углерода не происходит, так как биомасса и дебрис до перевода на этих землях и после затопливания отсутствует.

Потери углерода при затопливании земель поселений рассчитаны только для пула живой биомассы, т.к. запас углерода в пуле мертвого органического вещества равен нулю (в поселениях этот пул практически не формируется в результате уборки клумб и газонов – см. раздел Постоянные земли поселений).

Коэффициенты по умолчанию для оценки изменений запасов углерода почв при их затопливании в Руководстве МГЭИК 2006 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

Оценки в данной подкатегории в настоящем кадастре выполнены впервые.

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 «не применимо» («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 «включено в другом месте» («IE»).

6.4.5 Земли поселений (раздел 4.Е ОФД)

6.4.5.1 Земли поселений, остающиеся поселениями (раздел 4.Е.1 ОФД)

6.4.5.1.1 Характеристика подкатегории

Согласно проведенному анализу изменения запасов углерода на территории постоянных земель поселений происходят только в пуле биомассы городских насаждений (результаты приведены в таблице 6.68). Запасы углерода остальных пулов практически неизменны (см. ниже).

6.4.5.1.2 Методология сбора данных и расчетов

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.

Исключения составляют входящие в состав населенных пунктов городские леса, оценки по которым приведены ниже. Данные оценки впервые выполнены в кадастре 2014 года. Исходными данными для расчетов послужили данные по площадям городских лесов, не входящих в лесной фонд, за 1988 и 1998 гг. (Госкомлес СССР, 1990; Рослесхоз, 1995b), а также данные предоставленные Рослесхозом (табл. 6.68).

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 Российской Федерации согласно уравнениям 6.2-6.4 (подробное описание методики приведено в разделе 6.4.1.1.2). Результаты расчетов представлены в таблице 6.67.

Таблица 6.68

Площади городских лесов и ежегодное поглощение углерода биомассой городских насаждений

Годы	Площадь городских лесов, тыс. га	Поглощение C/CO ₂ биомассой городских лесов	
		тыс. т C	тыс. т CO ₂
1990	325,5	122,7	449,7
1995	754,4	291,8	1070,0
2000	1013,2	404,5	1483,1
2005	1017,1	404,1	1481,7
2006	1017,9	404,7	1483,8
2007	1018,6	404,7	1483,8
2008	1019,4	404,7	1483,8
2009	1020,2	411,1	1507,5
2010	1020,9	411,8	1509,9
2011	1021,7	406,3	1489,8
2012	1030,2	416,3	1526,6
2013	1069,1	428,3	1570,4
2014	1086,2	436,1	1599,0
2015	1113,9	447,5	1640,7
2016	1127,5	453,2	1661,7

Ежегодное изменение запасов углерода в мертвом органическом веществе постоянных земель поселений. 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» («не применимо»).

Ежегодное изменение запасов углерода в почвах постоянных земель поселений. 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 зеленых зон и открытых площадок 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 саженцев, 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, зелеными зонами, газонами и клумбами не происходит. В соответствующих таблицах ОФД использован стандартный указатель «не происходит» («NO»).

6.4.5.1.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

См. раздел 6.4.1.1.3. Неопределенность оценок изменений запасов углерода биомассы постоянных земель поселений соответствует точности расчетов по постоянным лесным землям ввиду использования аналогичных методов и параметров пересчета.

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.

6.4.5.1.4 Обеспечение и контроль качества

См. раздел 6.4.1.1.4. К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.4.5.1.5 Пересчеты и планируемые усовершенствования

В данной подкатегории в настоящем кадастре выполнены перерасчеты, связанные с использованием обновленных данных по площадям городских лесов, представленных Рослесхозом. Кроме того, перерасчеты связаны с изменением методики расчетов.

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 Земли, переустроенные в поселения (раздел 4.Е.2 ОФД)

6.4.5.2.1 Лесные земли, переустроенные в поселения (раздел 4.Е.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 Российской Федерации 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.

Результаты оценки прямого и косвенного выбросов закиси азота при минерализации почвенного органического вещества по лесным землям, переведенным в земли поселений, приведены в таблице 6.69.

Таблица 6.69

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	1,41	0,32	1,73
1995	1,06	0,24	1,3
2000	0,77	0,17	0,94
2005	0,47	0,11	0,58
2006	0,46	0,10	0,56
2007	0,45	0,10	0,55
2008	0,48	0,11	0,59
2009	0,44	0,10	0,54
2010	0,49	0,11	0,6
2011	0,40	0,09	0,49
2012	0,36	0,08	0,44
2013	0,37	0,08	0,45
2014	0,35	0,08	0,43
2015	0,29	0,07	0,36
2016	0,31	0,07	0,38

Общие площади обезлесения сократились с 55,5 тыс. га в 1990г. до 11,6 тыс. га в 2016г. Результаты расчета потерь углерода при обезлесении показаны в таблице 6.70 и по регионам РФ за 2016 г. в табл. П.3.3.7 приложения 3.3. Начиная с 1990 г. по 2016 г. общая площадь обезлесения составила 669,5 тыс. га, а общий выброс углерода оценен в 225,3 млн. т CO_2 , или в среднем 8,3 млн. т CO_2 год⁻¹.

6.4.5.2.1.2 Методология

В связи с отсутствием специализированных статистических форм по обезлесению, по рекомендации международной группы экспертов по проверке национального доклада о кадастре (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 2000-2016 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>). Оценка площади обезлесения для периода с 1971 г. по 1999 г. была выполнена на основе статистических данных по Российской Федерации в целом (ЦСУ РСФСР, 1976, 1981, 1986, 1991;

Госкомстат России, 1993, 2002). В таблице 6.71 приведены статистические данные по строительству объектов линейной инфраструктуры в 2016 г.

Для оценки площади, отводимой под объекты инфраструктуры, были использованы существующие нормы отвода земель согласно строительным нормам и правилам, утвержденным в РФ (табл. 6.72). 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.

Таблица 6.70

Потери углерода при обезлесении в Российской Федерации

Пулы	Потери углерода при обезлесении по годам, тыс. т С год-1																		
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Управляемые леса																			
Надземная биомасса	1465,2	892,0	733,2	596,3	629,0	590,9	583,3	545,5	569,8	582,6	698,1	643,7	592,9	492,0	772,0	523,6	607,9	477,2	414,3
Подземная биомасса	400,6	249,1	191,6	154,0	165,6	153,5	150,2	143,7	147,5	149,8	178,7	169,0	149,8	128,9	195,5	138,4	160,9	124,2	106,1
Мертвая древесина	369,0	226,2	190,3	157,6	164,8	155,8	149,6	142,8	144,8	152,2	180,0	163,0	153,0	126,5	204,4	139,5	161,2	123,9	108,7
Подстилка	330,0	209,7	155,9	139,0	146,0	124,0	125,1	122,9	121,1	127,7	153,3	129,3	128,5	98,9	182,6	112,6	120,5	93,3	88,7
Почва с неполн.*	163,0	158,1	141,7	135,6	130,7	126,8	120,3	116,0	107,9	101,2	95,2	88,5	81,9	76,5	73,8	69,2	66,5	62,7	59,3
Почва с полн.	788,6	527,0	401,4	304,7	295,9	221,5	254,3	230,7	231,6	230,6	267,9	259,6	298,3	249,5	207,1	221,0	201,5	167,4	186,7
Управляемые кустарники																			
Надземная биомасса	16,6	12,1	1,6	0,9	1,3	0,8	1,2	0,9	1,7	1,6	2,0	3,0	3,8	0,5	2,1	1,1	1,4	0,9	0,9
Подземная биомасса	33,3	23,5	2,6	1,4	2,4	1,3	1,9	1,4	2,9	2,4	3,2	4,6	6,4	0,8	3,5	1,7	2,2	1,4	1,3
Мертвая древесина	10,8	7,6	0,9	0,5	0,8	0,4	0,7	0,5	1,0	0,8	1,1	1,6	2,2	0,3	1,2	0,6	0,8	0,5	0,5
Подстилка	9,5	7,6	0,9	0,6	1,0	0,5	0,8	0,7	1,1	1,0	1,0	2,1	1,5	0,3	1,3	0,8	1,0	0,6	0,7
Почва с неполн.*	2,0	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
Почва с полн.	82,5	67,5	7,6	4,7	10,3	4,7	6,5	3,9	6,1	6,4	5,6	9,4	10,0	2,8	5,9	5,5	5,6	3,5	4,6
Неуправляемые леса																			
Надземная биомасса	393,3	288,8	248,0	194,7	203,0	210,6	198,2	189,5	194,4	190,0	223,9	152,6	108,7	86,8	123,9	94,8	120,0	94,1	74,3
Подземная биомасса	107,5	80,6	65,8	51,6	54,3	55,7	52,2	51,0	51,6	50,1	58,3	44,5	30,0	24,1	32,2	26,7	33,6	24,8	19,4
Мертвая древесина	99,0	73,2	63,7	50,5	52,4	55,8	50,8	49,4	48,8	48,8	56,7	37,8	26,9	20,6	30,7	23,8	29,8	23,1	18,3
Подстилка	88,6	67,9	45,7	38,0	38,3	38,1	35,6	35,0	36,0	33,1	40,7	26,7	18,9	11,7	22,6	15,2	19,1	14,8	12,5
Почва с неполн.*	64,3	58,8	50,3	47,4	45,1	43,3	40,5	38,7	35,3	32,4	29,7	27,3	25,3	23,5	22,1	20,5	19,4	17,9	16,5
Почва с полн.	211,7	170,6	126,5	89,5	82,1	62,7	64,1	53,0	51,3	50,6	60,0	35,0	48,9	23,9	32,4	30,2	34,2	25,1	23,3

Продолжение таблицы 6.70

Пулы	Потери углерода при обезлесении по годам, тыс. т С год-1																		
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Неуправляемые кустарники																			
Надземная биомасса	6,8	5,0	0,7	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	1,1	0,9	0,2	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2
Подземная биомасса	13,6	9,6	1,3	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	1,0	0,9	1,4	1,6	1,4	0,3	0,9	0,5	0,7	0,5	0,3
Мертвая древесина	4,4	3,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	0,5	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
Подстилка	3,9	3,1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,8	0,5	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Почва с неполн.*	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Почва с полн.	33,7	27,7	3,5	1,6	2,0	1,3	1,8	1,3	1,5	1,9	1,7	2,1	3,6	0,6	1,9	1,9	1,7	1,2	1,1
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	1166,2	1020,1	893,8	733,6	1130,5	787,1	927,1	723,5	616,8
Мертвая древесина	483,2	310,1	255,3	208,7	218,2	212,2	201,2	192,9	195,0	202,1	238,2	203,0	182,6	147,4	236,6	164,0	192,1	147,6	127,5
Подстилка	431,9	288,4	202,9	177,9	185,6	162,9	161,7	158,8	158,6	162,2	195,4	158,9	149,4	111,1	206,8	128,8	141,0	108,9	102,1
Почва с неполн.	230,1	220,0	195,0	185,9	178,5	172,8	163,3	157,0	145,4	135,6	126,7	117,5	108,6	101,3	97,1	90,6	86,8	81,3	76,4
Почва с полн.*	1116,6	792,9	539,0	400,5	390,3	290,2	326,8	288,9	290,6	289,6	335,3	306,1	360,9	276,9	247,2	258,6	242,9	197,3	215,6
Все пулы	4698,7	3172,3	2436,9	1972,8	2029,3	1851,5	1840,9	1730,6	1759,0	1767,6	2061,8	1805,6	1695,3	1370,3	1918,2	1429,1	1589,9	1258,6	1138,5

*включены потери углерода почвы при неполном его окислении в течение 20-летнего периода

Таблица 6.71

Ввод в действие мощностей в отчетный год

Субъект РФ	Газопроводы магистральные и отводы от них, км	Новые железнодорожные линии, км	Вторые пути, км	Взлетно-посадочные полосы с твердым покрытием, тыс м2	Нефтепроводы магистральные, км	Нефтепродукто-проводы магистральные региональные, км	Автомобильные дороги с твердым покрытием, км	Междугородние кабельные линии связи, км	Радиорелейные линии связи, км	Скважины нефтяные - всего, ед	Скважины газовые, ед	Линии электропередачи напряжением 35кВ и выше, км	Линии электропередачи для электрификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ	Линии электропередачи для электрификации сельского хозяйства напряжением 0,4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Белгородская область							96,0						354,0	245,5
Брянская область							23,5					1,2	48,2	304,2
Владимирская область							20,7					9,3		
Воронежская область							39,1					0,5	111,6	268,4
Ивановская область							0,8							
Калужская область							6,8							
Костромская область							6,5							
Курская область							69,7						70,7	112,7
Липецкая область							54,8					1,2	103,5	231,2
Московская область	9,5			144,2			62,4					15,5	966,1	1378,7
Орловская область					32,0		1,2						10,3	93,8
Рязанская область							27,1						18,1	54,1
Смоленская область							0,9					15,7	74,9	312,8
Тамбовская область					6,0		50,0					0,6		
Тверская область							72,6						87,1	213,4
Тульская область							16,5							
Ярославская область					21,1		17,7					4,9	81,1	140,8
Республика Карелия														
Республика Коми	321,6		0,2		74,5		16,4			22,0		124,3		

Продолжение таблицы 6.71

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Архангельская область							30,1							
Вологодская область					0,1		0,9					4,3	5,3	
Калининградская область							45,2					18,8		
Ленинградская область					39,4		22,8					82,1		
Мурманская область							15,6							
Новгородская область							24,8							
Псковская область												6,5		
Ненецкий автономный округ							1,9			68,0		7,0		
Республика Адыгея							2,6					1,0		
Республика Калмыкия							12,1							5,5
Краснодарский край	214,8	1,3					2,0		3452,8	27,0		1,0		
Астраханская область							0,6		132,7	4,0				
Волгоградская область							66,4		166,0	5,0		2,4	2,7	10,6
Ростовская область							14,6		670,6				124,9	359,1
Республика Дагестан							70,8		464,8			16,1		
Республика Ингушетия							15,4		112,9					
Кабардино-Балкарская Республика									106,3					
Карачаево-Черкесская Республика							6,6		46,5					
Республика Северная Осетия — Алания									66,4					
Чеченская Республика							19,5							
Ставропольский край	5,6						27,2		205,8	12,0			3,3	2,5
Республика Башкортостан					40,7	3,8	104,9			81,0		47,7		3,5
Республика Марий Эл							7,0							
Республика Мордовия							78,4		5,0			111,3	28,1	49,7
Республика Татарстан					103,1		149,9		79,6	621,0		11,7	156,0	485,1
Удмуртская Республика							68,9					152,0		
Чувашская Республика							45,0					2,6	10,3	44,9
Кировская область	0,6						30,7					2,8	6,1	36,8
Нижегородская область	0,1				14,3		24,6					34,4		
Оренбургская область					5,2		7,8		98,0	162,0	7,0	22,5	0,9	4,8
Пензенская область	6,7						64,7					0,4	11,3	

6. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (Сектор 4 ОФД)

Продолжение таблицы 6.71

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Пермский край					0,6		1,2			153,0		4,5	159,7	428,3
Самарская область							22,6			263,0		127,0		
Саратовская область							3,2						85,1	46,5
Ульяновская область							16,0			5,0				
Курганская область	56,6						46,5							
Свердловская область	21,7						8,4					29,8		
Тюменская область							44,7	1,6		151,0				
Челябинская область	15,2						26,2					11,1		
Ханты-Мансийский автономный округ — Югра							34,4			3116,0		354,6		
Ямало-Ненецкий автономный округ	229,7						50,5			306,0	112,0	706,0		
Республика Алтай							5,0						7,4	4,9
Республика Бурятия							12,0		809,0			5,0		
Республика Тыва									0,1					
Республика Хакасия							1,0							
Алтайский край			0,5				41,6					11,2	134,6	219,4
Забайкальский край							57,3		281,0			8,1		
Красноярский край	47,5				496,5		119,2			6,0		291,1		
Иркутская область			1,0		13,3		34,3		176,0	62,0		55,6	226,5	204,5
Кемеровская область		53,8	1,0				23,6		405,3		2,0	23,3		
Новосибирская область	30,3						40,2		353,5				12,9	21,8
Омская область							2,8							0,7
Томская область							4,0			137,0				
Республика Саха (Якутия)							26,1			118,0		51,4	7,4	4,0
Камчатский край							3,5					7,8		
Приморский край		7,4					21,7		524,0			10,4		
Хабаровский край			7,7				23,7		218,0			6,3		
Амурская область			5,0				45,6		199,0			230,6		
Магаданская область							18,0					24,2		
Сахалинская область							76,6			25,0		2,5		
Еврейская автономная область							28,0		29,0			15,0	20,2	52,2
Чукотский автономный округ							39,8							
Республика Крым							7,2							

Таблица 6.72

*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
Междугородные кабельные линии связи, м	6	0	СН 461-74
Радиорелейные линии связи, м	0,02	0	СН 461-74
Скважины нефтяные – га	0	0,36	СН 459-74
Скважины газовые, га	0	0,36	СН 459-74
Линии электропередачи напряжением 35кВ и выше, м	15	0	СН 465-74
Линии электропередачи для электрификации сельского хозяйства напряжением 6-20 кВ, м	8	0	СН 465-74
Линии электропередачи для электрификации сельского хозяйства напряжением 0,4 кВ, м	8	0	СН 465-74

В РФ 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 и учитывает соотношение площади покрытых лесом земель к общей площади региона. В качестве примера, в таблице 6.73 приведены значения лесистости по регионам страны для некоторых лет периода 2000-2016. 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.

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 6.72, были определены площади отвода земель под их строительство.

Полученные данные за 1971-1989 гг. являются неполными и не включают информацию по строительству других видов линейных и нелинейных объектов инфраструктуры (нефтепродуктопроводы магистральные региональные, взлетно-посадочные полосы, междугород-

ние 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 2016 годы (см. табл. 6.74). 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 6.75.

Таблица 6.73

Лесистость территории по регионам Российской Федерации, %

Субъект РФ	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Белгородская область	8,5	8,6	8,6	8,6	8,5	8,6	8,6	8,6	8,6
Брянская область	32,4	32,9	33	33	32,9	32,9	32,9	32,8	32,8
Владимирская область	50,4	51	51,1	50,7	50,8	50,6	50,6	50,9	50,9
Воронежская область	8,4	8,3	8,1	8,1	8	8,1	8,1	8,1	8,1
Ивановская область	45,6	46,9	46,8	46,6	45,8	45,7	46,1	46,4	46,4
Калужская область	44,6	44,8	45,4	45,3	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2
Костромская область	73,5	74	74,3	74,2	74,3	74,3	74,3	74,3	74,3
Курская область	7,8	7,9	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
Московская область	41	41	42,5	43,4	43	42,9	42,8	42,7	42,7
Орловская область	7,8	7,8	8	8	8	7,5	5,3	7,8	7,8
Рязанская область	25,4	25,3	25,4	24,8	23,7	23,7	24	24	24
Смоленская область	41,1	40,8	42,2	42,1	42	42	42	42	42
Тамбовская область	10,3	10,5	10,3	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5	10,5
Тверская область	53,7	53,8	54,9	55	55	55	55	54,9	54,9
Тульская область	13,5	13,8	14,4	14,3	14,3	14,3	14,2	14,2	14,2
Ярославская область	45,2	45,4	45,2	45,1	45,2	45,2	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
Республика Коми	72,1	72,4	72,7	72,7	72,7	72,7	72,8	72,8	72,8
Архангельская область	53,5	54,1	54,1	54	54	54	54	54	54
Вологодская область	69,4	69,9	69,6	69,5	69,4	69,3	69,2	69,2	69,2
Калининградская область	19,5	18,3	18,5	18,5	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
Ленинградская область	56	55,6	57,3	57,3	57,3	57,1	57,1	57,1	57,1
Мурманская область	36,3	36,9	37,3	37,3	37,3	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
Псковская область	38,1	38,3	38,4	38,6	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7
Ненецкий автономный округ	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Республика Адыгея	36,4	37,3	36,7	36,7	36,7	36,7	36,8	36,8	36,8
Республика Дагестан	8,7	8,8	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	7,2	7,2
Республика Ингушетия	39,8	21,5	21,8	21,8	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
Республика Калмыкия	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

Продолжение таблицы 6.73

Субъект РФ	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Республика Северная Осетия-Алания	23,3	23,7	24,1	24,1	24,1	24,1	24	24,3	24,3
Чеченская Республика	19,1	19,1	21,1	21,2	21,2	21,2	20,9	21,5	21,5
Краснодарский край	20,2	20,4	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
Астраханская область	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9
Волгоградская область	4,4	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
Ростовская область	2,5	2,5	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
Республика Марий Эл	55,1	55,6	53,7	53,6	53,5	53,5	54,2	54,4	54,4
Республика Мордовия	26,5	27	27	26,6	26,5	26,4	26,4	27	27
Республика Татарстан	16,8	17,2	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Удмуртская Республика	45,8	46,4	46,7	46,7	46,5	46,5	46,4	46,3	46,3
Чувашская Республика	31,3	32	32,4	32,2	32,3	32,2	32,1	32,1	32,1
Кировская область	62,8	63,5	63,6	63,5	63,3	63,2	63,1	62,9	62,9
Нижегородская область	47,3	48	46,8	46,6	46,6	46,7	46,6	46,5	46,5
Оренбургская область	4,5	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
Пермский край	66,5	69	71,5	71,4	71,4	71,5	71,4	71,4	71,4
Самарская область	12,6	12,7	12,8	12,8	12,8	12,8	12,7	12,7	12,7
Саратовская область	5,7	6	6,2	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
Курганская область	22,3	21,4	21,8	21,8	21,7	21,8	22,1	22,1	22,1
Свердловская область	66,9	67,5	68,6	68,5	68,5	68,6	68,6	68,6	68,6
Тюменская область	40,7	42,2	43,5	43,4	43,2	44	44,2	44,2	44,2
Челябинская область	28,5	29,2	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4
Ханты-Мансийский автономный округ	52	53,7	54	54	53,9	53,9	53,9	53,9	53,9
Ямало-Ненецкий автономный округ	21,1	21,1	21,8	21,8	21,2	20,9	20,9	20,9	20,9
Республика Алтай	42,4	42,8	44,4	44,3	44,3	44,4	44,3	44,3	44,3
Республика Бурятия	63,4	63,6	63,5	63,7	63,8	63,8	63,8	63,7	63,7
Республика Тыва	48	47,7	49,8	49,8	49,8	49,8	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
Алтайский край	21,3	21,7	22,6	22,6	22,6	22,6	22,7	22,7	22,7
Красноярский край	72,1	72,1	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2
Иркутская область	80,4	82	83,1	83,1	83	83,1	83	82,8	82,8
Кемеровская область	58,7	60,3	60,2	60,3	59,9	59,9	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
Омская область	31,7	32,3	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,2	32,2
Томская область	59,4	60,5	62	62,1	61,8	61,8	61,7	61,6	61,6
Забайкальский край	69,6	70,1	68,3	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2
Республика Саха (Якутия)	46,7	46,6	51,2	51,1	51,2	51,1	50,9	51	51
Приморский край	76,1	76,1	77,9	78	77,6	77,5	77,3	77,3	77,3
Хабаровский край	68,2	66,2	66,7	66,4	66	66	66,1	66,2	66,2
Амурская область	63,9	64,4	65	65,3	65,4	65,4	65,4	65,4	65,4
Камчатский край	56,4	56,7	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
Сахалинская область	64,8	65,4	67,7	67,7	67,8	67,9	68,1	68,1	68,1
Еврейская автономная область	45,1	45,2	45,4	45,4	45,3	45,3	45,2	45,3	45,3
Чукотский автономный округ	7,1	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Республика Крым									10,7

Таблица 6.74

Оценка площади обезлесения в 2000-2016 годах на основе региональных данных Росстата о строительстве объектов инфраструктуры с учетом лесистости субъектов Российской Федерации

Субъекты РФ	Площади обезлесения, га																
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Белгородская область	42,7	80,8	89,8	35,9	37,4	45,8	70,6	100,2	113,4	47,5	98,5	119,2	169,8	118,4	68,1	87,6	82,5
Брянская область	216,9	158,3	116,1	80,8	53,7	16,4	71,9	31,6	88,2	57,0	13,7	350,1	311,9	146,6	163,0	197,2	131,6
Владимирская область	47,5	52,1	188,8	333,9	112,4	190,3	143,1	173,3	79,7	75,4	5,9	116,5	34,0	63,7	89,4	27,2	59,8
Воронежская область	67,5	68,8	30,6	56,1	81,5	61,6	19,4	12,0	48,9	23,6	33,5	46,5	31,3	53,9	42,3	50,5	40,5
Ивановская область	63,7	19,8	15,3	7,5	149,9	162,9	24,9	17,5	23,5	134,2	38,2	244,4	36,5	10,7	1,6	8,6	1,9
Калужская область	109,9	142,8	197,5	232,6	176,8	183,5	138,2	116,5	115,0	102,8	83,1	22,5	6,8	29,8	57,7	81,1	15,4
Костромская область	212,4	59,3	106,8	105,6	59,2	86,6	174,8	15,6	214,8	22,3	14,5	0,0	4,5	52,4	61,5	35,3	24,1
Курская область	9,6	23,4	23,0	23,9	20,9	29,9	25,5	40,8	35,1	27,0	14,3	36,5	29,4	41,5	35,7	34,0	40,6
Липецкая область	40,5	22,8	21,8	46,9	32,3	39,1	30,2	46,4	38,2	19,9	38,9	31,4	64,8	37,6	60,0	31,6	39,7
Московская область	284,2	180,5	313,9	114,3	245,8	429,6	228,3	510,3	429,2	130,6	33,2	47,4	1087,0	1638,2	2788,9	1441,3	976,1
Орловская область	25,0	21,5	8,5	7,8	10,2	6,1	7,3	6,8	16,3	3,7	18,4	30,8	8,7	29,8	12,4	18,9	15,0
Рязанская область	216,5	156,3	126,1	204,8	182,6	97,0	180,6	109,1	60,1	58,5	58,8	100,9	42,9	34,1	45,8	103,4	46,4
Смоленская область	79,9	62,1	153,5	81,5	65,3	45,0	51,0	191,9	226,3	56,4	65,3	471,7	158,5	209,2	153,8	154,9	142,0
Тамбовская область	72,1	76,1	93,7	98,9	62,7	27,0	21,1	39,8	56,5	15,3	29,4	17,5	27,3	68,0	47,1	35,2	28,4
Тверская область	340,8	243,6	291,7	656,9	440,2	594,4	339,8	65,3	161,2	305,2	178,1	489,6	158,6	130,6	181,8	246,5	331,3
Тульская область	68,0	46,5	56,1	39,2	12,3	9,4	55,3	15,6	23,6	53,6	51,0	61,8	23,6	11,3	6,0	9,0	11,7
Ярославская область	122,8	117,5	74,4	297,5	61,0	415,2	202,1	452,8	297,6	148,6	329,0	375,4	140,3	193,5	177,3	159,1	154,8
Республика Карелия	221,9	523,4	258,8	176,9	212,7	48,3	51,4	772,5	300,2	3,4	307,8	360,3	103,6	279,8	53,7	130,4	0,0
Республика Коми	1060,9	783,8	1648,6	295,8	249,5	321,6	751,3	299,7	805,9	333,1	363,6	128,7	2943,2	1164,5	1538,8	679,9	1124,0
Архангельская область	291,5	219,3	352,9	184,8	193,4	344,0	348,8	892,4	1020,0	82,7	430,7	624,6	571,9	42,0	135,7	120,7	81,3
Вологодская область	829,9	604,1	681,6	477,9	790,3	762,2	786,9	654,3	954,2	397,1	79,4	131,7	1580,0	25,8	71,7	6,6	10,7
Калининградская область	25,0	4,1	3,6	4,9	59,0	16,5	56,0	12,9	15,4	25,7	3,6	20,1	0,2	8,5	0,6	9,8	47,3

Продолжение таблицы 6.74

Субъекты РФ	Площади обезлесения, га																
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ленинградская область	331,7	701,0	380,7	771,1	115,0	261,8	489,3	176,3	434,4	596,5	155,8	101,3	995,5	216,2	252,8	146,4	280,5
Мурманская область	59,0	33,0	35,1	42,8	1,3	8,1	29,7	132,4	274,0	48,6	26,3	7,2	47,0	67,0	6,5	3,2	29,2
Новгородская область	223,9	269,0	64,3	529,0	101,2	89,1	175,5	190,5	174,8	179,8	142,2	454,9	16,0	0,8	22,6	30,3	79,1
Псковская область	128,6	17,9	87,4	236,8	159,9	98,6	15,5	189,7	39,5	57,4	59,4	10,0	15,0	30,9	2,4	0,0	3,8
Ненецкий автономный округ	0,0	0,7	3,8	1,7	0,5	0,5	2,4	3,5	13,9	0,8	2,1	9,0	8,3	6,5	3,9	0,4	0,5
Республика Адыгея	68,4	54,4	47,5	10,8	3,5	17,7	6,1	71,0	3,7	9,6	0,1	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	5,3
Республика Калмыкия	0,4	1,0	1,5	2,3	0,5	0,3	0,7	1,2	1,2	2,3	0,3	0,4	0,8	0,8	0,4	1,3	0,1
Краснодарский край	121,9	45,5	386,2	161,1	371,5	206,7	136,2	125,0	145,6	133,6	87,4	1317,3	289,6	367,3	534,0	450,2	158,4
Астраханская область	8,3	5,4	6,6	1,2	5,0	8,9	3,4	1,9	4,5	2,0	2,7	1,9	2,2	1,2	2,5	0,8	0,1
Волгоградская область	104,7	21,7	24,0	35,1	27,6	57,8	28,8	35,1	40,0	27,3	33,3	7,6	12,9	13,0	9,2	13,0	15,1
Ростовская область	48,2	31,7	23,6	49,5	42,5	35,3	23,4	25,5	29,7	22,8	25,4	31,9	27,1	28,7	28,6	35,5	11,4
Республика Дагестан	71,4	22,9	34,8	36,3	31,9	26,6	16,9	25,3	40,8	53,9	50,1	37,9	64,0	29,8	34,6	31,0	27,9
Республика Ингушетия	322,6	67,3	33,3	0,0	108,8	2,8	118,7	270,2	32,7	0,0	5,2	6,4	8,8	55,7	36,6	32,8	17,4
Кабардино-Балкарская Республика	26,2	57,0	15,8	42,9	13,8	19,9	6,7	55,4	74,6	85,3	44,8	17,3	1,2	10,9	2,1	1,9	0,3
Карачаево-Черкесская Республика	11,9	9,2	28,0	14,7	17,2	82,5	1,6	9,3	49,5	1,2	13,4	22,2	14,2	4,4	34,5	69,4	10,2
Республика Северная Осетия – Алания	19,0	36,7	18,2	30,0	11,7	13,1	9,5	13,1	42,2	34,1	16,5	1,3	4,5	20,3	9,4	64,3	0,3
Чеченская Республика	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,2	0,0	82,3	30,3	0,0	232,4	53,6	74,2	21,0

Субъекты РФ	Площади обезлесения, га																
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ставропольский край	11,0	4,7	13,8	5,3	17,2	11,9	6,0	5,0	8,4	8,8	25,2	12,5	3,4	5,7	9,0	14,4	2,7
Республика Башкортостан	2243,2	1092,7	811,0	743,2	668,6	712,3	804,9	713,1	794,2	265,0	176,3	194,1	217,7	469,3	258,6	535,3	307,4
Республика Марий Эл	127,9	104,7	111,3	142,4	156,6	57,6	79,0	92,7	108,5	39,1	10,7	30,6	83,7	74,9	222,0	78,9	19,0
Республика Мордовия	86,0	189,0	160,0	196,3	124,6	112,7	74,6	130,1	95,5	56,9	43,5	211,8	178,0	241,5	86,8	123,3	167,7
Республика Татарстан	230,9	131,2	225,2	133,0	168,5	206,4	198,5	289,1	358,7	257,3	286,2	304,1	278,8	383,4	427,2	440,4	321,1
Удмуртская Республика	398,5	366,5	386,9	308,0	143,2	84,8	110,9	196,0	94,0	196,2	119,0	330,7	296,5	170,4	304,5	232,3	265,1
Чувашская Республика	208,2	181,7	118,5	122,6	87,1	145,3	229,9	534,9	771,9	124,1	45,8	67,4	105,1	86,8	41,9	63,4	87,7
Кировская область	237,2	241,1	239,6	209,9	249,4	181,9	246,0	152,6	176,1	110,4	99,5	77,6	141,2	131,6	67,8	30,5	122,0
Нижегородская область	411,8	157,6	208,0	120,1	185,3	146,9	95,2	168,7	322,5	65,9	63,2	242,7	37,3	335,7	122,3	50,2	102,6
Оренбургская область	53,2	43,1	44,0	33,9	26,5	18,5	29,1	16,0	36,7	16,8	21,2	13,6	17,3	16,9	13,8	7,9	7,2
Пензенская область	493,7	430,3	334,0	366,9	442,3	309,1	125,3	132,8	142,2	72,7	26,0	27,1	56,3	89,6	33,6	90,1	72,7
Пермский край	770,0	771,6	1149,4	962,8	914,0	823,6	666,0	704,2	614,2	679,2	821,4	336,9	951,1	437,2	774,0	453,9	385,7
Самарская область	384,1	178,0	144,2	100,6	55,1	57,4	64,8	121,2	68,7	15,4	73,5	51,5	61,0	124,5	86,4	39,1	50,6
Саратовская область	69,2	32,9	52,5	50,2	37,0	58,6	37,0	46,1	25,4	21,8	41,6	15,9	23,0	34,8	67,8	12,7	7,6
Ульяновская область	28,0	34,1	26,8	21,9	30,5	43,1	61,8	43,3	0,3	18,2	0,3	4,2	41,1	155,4	19,6	12,2	21,6
Курганская область	75,0	55,5	62,5	49,4	153,6	36,1	79,0	65,3	65,5	135,4	31,2	61,7	35,3	131,6	34,9	33,1	91,4
Свердловская область	915,5	710,7	704,6	859,7	716,0	855,2	234,1	440,9	1011,4	577,1	141,6	358,2	164,7	113,7	104,8	181,4	107,1
Тюменская область	3081,0	2810,0	2104,0	2658,7	2052,2	2141,8	2150,1	1127,8	1332,2	2063,0	2003,0	1252,9	37,4	24,2	19,7	42,6	123,2
Челябинская область	245,6	212,2	171,3	213,4	186,6	91,8	172,4	230,2	256,6	64,2	31,8	55,8	102,0	132,9	60,3	27,1	57,7

Продолжение таблицы 6.74

Субъекты РФ	Площади обезлесения, га																
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ханты-Мансийский авт. округ	1522,5	2159,4	1421,1	1378,4	1788,6	1934,6	1053,7	1127,2	1123,4	1106,5	1401,1	1279,0	1322,7	1697,3	1040,6	986,0	984,0
Ямало-Ненецкий авт. округ	253,1	246,7	265,3	514,4	190,8	246,2	498,8	120,9	206,4	515,9	326,4	92,7	456,8	208,5	282,5	804,2	459,2
Республика Алтай	67,6	29,3	29,3	69,9	30,9	46,3	94,1	45,2	6,5	27,8	12,2	3,5	0,6	6,9	59,4	8,7	15,4
Республика Бурятия	33,4	83,0	189,5	64,2	175,9	262,0	65,7	202,2	6,3	166,8	247,3	211,9	271,7	248,0	83,3	224,5	53,3
Республика Тыва	45,7	72,6	23,4	26,2	149,8	73,8	40,5	18,6	109,9	42,3	33,9	13,5	41,7	2,0	165,0	0,5	0,0
Республика Хакасия	45,4	20,3	22,7	41,3	110,9	84,9	69,0	33,6	87,1	17,6	5,5	8,8	132,3	19,7	38,8	19,4	2,5
Алтайский край	213,9	114,3	82,8	226,3	191,6	164,0	72,1	293,1	210,4	63,6	73,8	0,8	104,8	119,5	117,9	167,6	115,4
Забайкальский край	119,6	412,5	263,8	111,5	590,2	179,3	475,3	1044,6	913,6	1511,0	1071,2	12,6	21,4	114,1	266,6	83,9	207,5
Красноярский край	540,7	692,4	725,4	209,2	617,4	665,6	911,0	244,0	997,9	431,1	232,2	1,2	451,4	115,5	406,2	551,6	1254,6
Иркутская область	1236,0	646,1	673,4	987,2	860,6	598,7	744,3	1272,4	1515,1	2269,8	1548,2	331,2	1318,3	954,5	1067,5	927,6	553,5
Кемеровская область	634,9	275,1	290,8	294,8	316,6	388,7	189,2	493,4	428,1	166,0	220,3	150,5	360,7	228,7	55,9	153,9	264,3
Новосибирская область	231,3	142,3	134,0	116,6	282,2	118,6	73,6	319,6	257,5	251,1	150,0	126,4	146,9	262,3	266,0	160,0	90,2
Омская область	105,2	141,2	196,0	324,7	168,2	217,8	219,4	207,2	269,6	13,3	68,0	12,1	43,9	33,2	6,2	5,9	4,7
Томская область	365,3	348,4	1335,8	697,7	601,6	342,2	435,8	90,0	366,6	490,6	251,0	170,2	765,1	209,4	408,7	622,0	42,7
Республика Саха (Якутия)	524,7	244,1	282,6	179,4	290,7	514,9	799,5	718,6	346,0	3322,1	1533,1	132,8	383,5	846,9	1194,3	91,8	132,2
Камчатский край	152,8	46,4	58,1	4,7	14,2	85,1	0,0	52,5	142,8	0,0	1,5	0,0	0,0	3,6	0,0	35,0	12,5
Приморский край	313,5	209,2	287,8	142,8	447,8	117,1	119,6	270,3	598,8	313,8	55,5	0,7	427,9	121,4	388,8	139,4	133,8
Хабаровский край	796,1	376,3	250,8	187,9	302,3	90,1	1482,7	192,6	756,0	745,7	300,0	173,7	992,0	96,0	489,6	388,9	89,6
Амурская область	188,9	283,4	333,4	229,6	654,0	135,1	826,9	350,7	650,6	945,8	467,9	198,4	1874,8	19,8	288,0	92,3	379,2
Магаданская область	105,0	36,4	445,0	101,5	67,4	62,9	94,4	77,5	8,9	112,5	9,6	0,3	54,0	136,7	151,7	5,6	47,2
Сахалинская область	276,0	67,0	72,4	129,0	80,3	113,7	255,4	102,7	230,8	248,5	3530,0	167,6	190,6	245,1	197,1	297,1	269,5
Еврейская автономная область	44,7	34,8	35,3	86,3	77,1	200,2	117,9	218,3	45,4	91,3	213,2	14,0	820,9	60,9	45,7	41,4	100,1
Чукотский автономный округ	0,0	0,0	0,7	3,6	0,0	0,0	0,1	0,5	18,5	0,4	0,0	0,0	4,8	0,0	0,2	0,0	13,5
Республика Крым																	3,9
Итого	23881,4	19470,3	20530,5	18955,4	18744,4	17599,0	18946,9	18608,5	22136,4	21019,6	18849,2	12635,5	22059,6	14389,5	16601,5	12899,4	11614,5

6. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (Сектор 4 ОФД)

Таблица 6.75

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 6.76

Площади обезлесения при частичной потере почвенного органического вещества по категориям земель, покрытых лесной растительностью

Категории земель, покрытых лесной растительностью	Тип лесной растительности	Потери почвенного органического вещества	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Управляемые	леса	полные	8,2	5,4	4,0	1,9	1,9	2,0	2,3	2,2	2,5	2,1	1,7	1,9	1,7	1,8
		частичные	32,5	19,1	11,7	9,3	10,1	9,9	11,7	12,2	10,4	6,6	13,4	8,0	9,7	8,8
	кустарники	полные	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
		частичные	2,2	1,6	1,0	0,8	0,9	0,9	1,1	1,0	0,9	0,5	1,0	0,6	0,7	0,1
	всего	полные	8,8	5,9	4,4	2,1	2,1	2,1	2,5	2,4	2,7	2,3	1,9	2,0	1,8	1,9
		частичные	34,7	20,8	12,7	10,1	11,0	10,7	12,8	13,2	11,3	7,1	14,4	8,6	10,4	8,9
Неуправляемые	леса	полные	2,2	1,7	1,6	0,9	0,9	0,9	1,0	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,3
		частичные	8,7	6,2	4,6	4,1	4,5	4,4	5,2	4,2	3,5	2,2	4,5	2,7	3,2	1,8
	кустарники	полные	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
		частичные	0,9	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,6	0,4	0,5	0,0
	всего	полные	2,4	1,9	1,7	0,9	0,9	1,0	1,1	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,3
		частичные	9,6	6,9	5,0	4,5	4,9	4,8	5,7	4,6	3,9	2,5	5,1	3,0	3,7	1,8
Всего			55,6	35,4	23,9	17,6	18,9	18,6	22,1	21,0	18,8	12,6	22,1	14,4	16,6	12,9

Согласно рекомендациям международной группы экспертов общая площадь обезлесения каждого региона (для 2000-2016 гг. (табл. 6.74)) 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 ПЗ.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 6.75 и 6.76 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 1990-2016 годы.

Для расчета потерь углерода при обезлесении были использованы значения площадей, представленные в таблицах 6.75 и 6.76 (для 2000-2016 гг. расчеты выполняли по каждому региону РФ (табл. 6.74)), а также средние значения запасов углерода по пулам (табл. 6.77). Средние значения запасов углерода для регионов Российской Федерации получены делением запасов углерода по пулам, рассчитанным по формулам 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, на площадь покрытых лесной растительностью земель (табл. ПЗ.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 6.77.

Согласно рекомендациям группы по проверке национального кадастра 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 1990-2016 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 рассчитана как разница начального запаса углерода в почвах лесов (см. табл. 6.77) и его конечного запаса, который определен по данным таблицы 6.25 и соответствует средним значениям запаса углерода почвы (т С га⁻¹) для 0-й возрастной группы (временно не покрытые лесом земли) по преобладающим древесным породам. 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 F_{SOM} и оценены соответствующие прямые выбросы.

Таблица 6.77

Средние величины запасов углерода в различных пулах, используемые в расчетах потерь при обезлесении в Российской Федерации

Год	Начальный запас (до конверсии), С на 1 га, т С/га					Конечный запас (после конверсии)*, С на 1 га, 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
2006	36,82	10,19	9,26	8,60	97,54	91,58
2007	36,89	10,20	9,28	8,61	97,60	91,64
2008	36,61	10,12	9,20	8,59	97,64	91,68
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
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
2006	5,99	11,11	3,65	3,74	144,68	143,38
2007	5,96	11,02	3,62	3,74	144,66	143,36
2008	6,00	10,96	3,61	3,79	144,32	143,02
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

*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 $N_2O-N/kg\ N$ 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 $N_2O-N/kg\ N$) 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 6.69 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.Е.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 C , 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 в соответствии с рекомендациями группы экспертов по рассмотрению. Площади осушенных органогенных почв и соответствующие им выбросы N_2O и CH_4 представлены в таблице 6.78.

Таблица 6.78

Результаты расчетов потерь углерода и выбросов CH_4 и N_2O от органогенных почв при переводе лесных земель в земли поселений

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Площадь осушенных органических почв, тыс. га	1,1	5,0	7,7	9,6	9,9	10,3	10,8	11,2	11,5	11,8	12,2	12,5	12,9	13,1	13,4
C , тыс. т	0,9	3,9	5,9	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	9,1	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3
CH_4 , тыс. т	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
N_2O , тыс. т	0,003	0,015	0,022	0,028	0,029	0,030	0,031	0,033	0,034	0,035	0,036	0,037	0,038	0,038	0,039

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):

$$CO_{2_organic} = A_{осуш} * EF * 44/12 \quad (6.40)$$

где: $CO_{2_organic}$ – выбросы CO_2 от осушенных почв, тонн CO_2 ;

$A_{осуш}$ – площадь осушенных почв, га;

EF – коэффициент выброса CO_2 от осушенных почв, тонн C га⁻¹ год⁻¹ (использовано среднее значение между коэффициентами по умолчанию для бедных и богатых органогенных почв лесов бореальной зоны, равное 0,71 тонн C га⁻¹ год⁻¹).

$$N_2O_{organic} = A_{осуш} * EFN_{N_2O} * 44/28 \quad (6.41)$$

где: $N_2O_{organic}$ – выбросы N_2O от осушенных почв, кг N_2O ;

$A_{осуш}$ – 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:

$$CH_4_{organic} = A_{осуш} * (1 - Frac_{ditch}) * EF_{land} + A_{осуш} * Frac_{ditch} * EF_{ditch} \quad (6.42)$$

где: $CH_4_{organic}$ – выбросы метана, кг CH_4 ;

$A_{осуш}$ – 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 $\pm 10\%$. 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 и мертвой древесины составила $\pm 13\%$, в пуле подстилки – $\pm 22\%$, в пуле почвы – $\pm 21\%$ (Замолотчиков 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 $\pm 182,72\%$.

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 неопределенность соответствует величине $\pm 48,7\%$.

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 групп экспертов по проверке кадастра, 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

Согласно рекомендации группы экспертов, которая проводила по проверку национального доклада о кадастре 2016 года, в таблицах CRF 4.E.2.1 ежегодные площади обезлесения заменены на куммулятивные.

В результате применения процедур проверки качества были обнаружены и исправлены ошибки в расчетах потерь углерода почв за 2014 год, а также в расчетах прямого и косвенного выброса N₂O за период 1990-2014.

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 6.79.

Таблица 6.79

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
	Кумулятивная оценка	Ежегодное изменение	Потери	Накопление	Баланс	
1990	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00
1995	987,15	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	167,67
2000	1974,30	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	167,67
2005	2961,45	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	167,67
2006	3158,88	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	167,67
2007	3356,31	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	167,67
2008	3553,74	197,43	4874,82	1759,30	-3115,52	167,67
2009	3986,34	432,60	10681,41	3854,87	-6826,54	367,38
2010	3986,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2011	3788,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	3591,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	3394,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	3196,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	2999,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	2801,76	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 6.80.

Таблица 6.80

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
2006	7,66	1,72	9,38
2007	7,66	1,72	9,38
2008	7,66	1,72	9,38
2009	16,79	3,78	20,56
2010-2016	0,00	0,00	0,00

6.4.5.2.2.2 Методология сбора данных и расчетов

Учитывая требования к отчетности и рекомендации группы экспертов по углубленной проверке Национального кадастра РФ (2009 и 2010 гг.), была составлена матрица перевода земель в соответствии с земельными категориями МГЭИК на территории РФ 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 – 2016 гг. перевода земель из пахотных в поселения не производилось. Результаты оценки площадей переведенных угодий приведены в таблице 6.79.

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 газом и высадка культурных растений (см. ниже).

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 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 было использовано в расчетах. Результаты приведены в таблице 6.80 выше.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе пахотных земель, переустроенных в земли поселений. Учитывая, что до и после конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует (см. разделы 6.4.2.1.2 и 6.4.5.1.2) в соответствующих ячейках таблиц ОФД использован стандартный указатель «не применимо» («NA»).

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; Замолотчиков и др., 2005; Романовская, 2008). Средневзвешенное значение (разные типы почв, разные регионы РФ) для пахотного горизонта (0-25 см) 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/см³). 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/см³), чем оптимальная плотность пахотного горизонта для большинства культурных растений (1,0-1,2 г/см³). Изменение физических свойств связано с увеличением объемной массы поверхностных слоев почв: на участках с усиленным движением оно доходит до 1,7 г/см³, хотя в хорошо удобренных органическим веществом насыпных почвах эта величина может равняться 0,8-0,9 г/см³. Среднее значение всех приведенных выше величин составляет 1,24 г/см³, 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).

$$C_{balance} = C_{accum} - C_{losses}, \text{ где} \quad (6.43)$$

$$C_{accum} = Annual\ Area \cdot 0,56 \cdot (71,67-55,65); \quad (6.44)$$

$$C_{losses} = AnnualArea \cdot 0,44 \cdot 55,65. \quad (6.45)$$

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 6.80 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 6.81 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.Е.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 ($\pm 10\%$). Соотношение городских и сельских населенных пунктов в стране определено по статистической информации с точностью $\pm 5\%$. По данным изученной литературы (см. раздел 6.4.5.2.2.2), неопределенность соотношения открытых территорий и «запечатанных» грунтов в городах составляет $\pm 12,5\%$ и в два раза больше для сельских поселений ($\pm 25\%$). Соответственно, совокупные доли переведенных земель в открытые территории рассчитаны с точностью $\pm 21,86\%$, а в «запечатанные» $\pm 11,99\%$.

Для определения средних запасов углерода биомассы земель поселений применены регрессионные уравнения Левина, неопределенность оценки по которым равна $\pm 10\%$ (см. главу 5 настоящего доклада). Совокупная неопределенность среднего коэффициента по запасам углерода биомассы рассчитана по уровню 1 МГЭИК $\pm 24,04\%$.

По данным изученной литературы можно сделать вывод, что неопределенность содержания углерода в почвах поселений находится в пределах $\pm 40\%$, а величина объемной массы этих почв $\pm 34,07\%$ (анализ данных, использованных для усреднения). Таким образом, по расчету по уровню 1 МГЭИК точность определения запасов почвенного углерода в землях поселений равна $\pm 41,54\%$. На основе статистической обработки данных начального запаса углерода в пахотных почвах, использованных для усреднения, неопределенность средней оценивается $\pm 37,4\%$. Окончательная величина неопределенности расчетов выбросов по данной категории равна $\pm 143,55\%$.

Неопределенность оценки прямого и косвенного выброса N_2O оценивалась в соответствии с диапазонами неопределенностей всех использованных по умолчанию параметров и коэффициентов расчета (см. таблицы 11.1 и 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)). Объединенная неопределенность соответствует величине $\pm 182,72\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.4.5.2.2.4 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

Пересчетов в данной категории в настоящем кадастре не было.

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.Е.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 6.81.

Таблица 6.81

Площади других земель, переустроенных в земли поселений и изменения запасов 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	34,25	34,25	0,0	1365,72	1365,72	29,09
2011	43,32	9,06	0,0	361,44	361,44	7,70
2012	73,76	30,44	0,0	1213,78	1213,78	25,85
2013	114,01	40,25	0,0	1599,37	1599,37	34,06
2014	114,01	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00
2015	276,55	162,54	0,0	6481,19	6481,19	138,04
2016	293,93	17,39	0,0	693,23	693,23	14,76

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 6.15 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 было использовано в расчетах.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе других земель, переустроенных в земли поселений. Учитывая, что до и после конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует (см. разделы 6.2.6.2.1.2 и 6.2.5.1.2) в соответствующих ячейках таблиц ОФД использован стандартный указатель «не применимо» («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 6.81.

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 $\pm 24,04\%$ и среднего запаса углерода почв поселений с неопределенностью $\pm 41,54\%$ (см. раздел 6.4.5.2.2.3 выше). В соответствии с уровнем 1 МГЭИК объединенная неопределенность оценки по резервуару биомассы составляет $\pm 26,04\%$ и по резервуару почв $\pm 47,99\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.4.5.2.3.4 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 результате проведения процедур контроля качества была обнаружена неточность в площадях других земель, переустроенных в земли поселений за период с 2011 по 2014 года.

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.

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 6.82.

Прямые и косвенные выбросы закиси азота при минерализации почвенного органического вещества на землях пахотных угодий, переведенных в прочие земли, приведены в таблице 6.83.

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.

Таблица 6.82

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
2006	1462,29	91,393	5086,445	0,0	-5086,44
2007	1553,69	91,393	5086,445	0,0	-5086,44
2008	1645,08	91,393	5086,445	0,0	-5086,44
2009	1765,78	91,393	5086,445	0,0	-5086,44
2010	1765,78	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	1674,39	0,0	0,0	0,0	0,0
2012	1583,00	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	1491,60	0,0	0,0	0,0	0,0
2014	1400,21	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	1308,82	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	1217,42	0,0	0,0	0,0	0,0

Таблица 6.83

Выбросы N₂O при минерализации почвенного органического вещества на пахотных землях, переустроенных в прочие земли

Годы	Прямой выброс	Косвенный выброс	Всего
1990	0,00	0,00	0,00
1995	7,99	1,80	9,79
2000	7,99	1,80	9,79
2005	7,99	1,80	9,79
2006	7,99	1,80	9,79
2007	7,99	1,80	9,79
2008	7,99	1,80	9,79
2009	7,99	1,80	9,79
2010-2016	0,00	0,00	0,00

Учитывая, что до и после конверсии резервуар углерода биомассы на рассматриваемых землях отсутствует, в соответствующих ячейках таблиц ОФД использован стандартный указатель «не применимо» («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 «не применимо» («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; Замолдчиков и др., 2005; Романовская, 2008). Средневзвешенное значение (разные типы почв, разные регионы РФ) 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 6.82.

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 6.83 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 ($\pm 10\%$).

Объединенная неопределенность потерь углерода почв при конверсии пахотных земель в прочие земли рассчитана равной $\pm 22,36\%$.

Неопределенность оценки прямого и косвенного выброса N_2O оценивалась в соответствии с диапазонами неопределенностей всех использованных по умолчанию параметров и коэффициентов расчета (см. таблицы 11.1 и 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)). Объединенная неопределенность соответствует величине $\pm 182,72\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.4.6.2.1.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра. Используемые 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

В 2017 году были уточнены площади пахотных земель, переустроенных в прочие земли.

Специфичных для данной категории усовершенствований не запланировано. К данной категории следует относить общие принципы дальнейшего совершенствования оценок, описанные в разделе 6.8.

6.4.6.2.2 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, такой перевод земель зафиксирован только для 2013 и 2015 годов. Результаты расчета по резервуарам почвы, биомассы и мертвого органического вещества приведены в таблице 6.84.

Прямые и косвенные выбросы закиси азота при минерализации почвенного органического вещества на землях неуправляемых луговых угодий, переведенных в прочие земли, приведены в таблице 6.85.

6.4.6.2.2.2 Методология сбора данных и расчетов

Изменения запасов углерода в биомассе растений на неуправляемых луговых угодьях, 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 (см. раздел 6.4.6.2.1).

Запасы углерода в резервуаре биомассы до конверсии определены в соответствии с данными таблицы 6.43 выше. Запасы углерода в резервуаре биомассы после конверсии равны нулю. Поэтому нами были рассчитаны полные потери запасов биомассы луговых угодий при их конверсии. Результаты приведены в таблице 6.86.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе неуправляемых луговых угодий, переустроенных в прочие земли. Запасы углерода в резервуаре мортмассы до конверсии определены в соответствии с данными таблицы 6.64 выше.

Учитывая, что после конверсии резервуар мертвого органического вещества на рассматриваемых землях отсутствует, нами определены полные потери углерода из данного резервуара. Результаты расчетов приведены в таблице 6.84.

Таблица 6.84

Площади неуправляемых луговых угодий, переустроенных в прочие земли и изменения запасов углерода на них

Годы	Площади неуправляемых луговых угодий, переустроенных в прочие земли, 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		
1990-2012	0,00	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00
2013	17,37	18,256	1613,99	0,0	-1613,99	-130,62	-108,08
2014	17,37	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00
2015	97,04	80,050	7077,05	0,00	-7077,05	-572,76	-473,90
2016	97,04	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00

Таблица 6.85

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на луговых землях, переустроенных в прочие земли

Годы	Прямой выброс	Косвенный выброс	Всего
1990 -2012	0,00	0,00	0,00
2013	1,69	0,38	2,07
2014	0,00	0,00	0,00
2015	7,41	1,67	9,08
2016	0,00	0,00	0,00

Изменения запасов углерода в почвах неуправляемых луговых угодий, переустроенных в прочие земли. Оценки изменения запасов углерода в почвах неуправляемых луговых угодий, переустроенных в прочие земли, 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 после конверсии были равны нулю, т.к. согласно определению, категория «прочие земли» включает пески, овраги, нарушенные земли, на которых гумусовый горизонт почв отсутствует.

Начальный запас углерода почв неуправляемых луговых угодий до конверсии был определен по данным литературы. Так по данным (Честных и др., 2004) на исследованных луговых угодьях РФ авторами были определены следующие запасы органического углерода почв в слое 0-30 см: 93 ± 9 т С/га, 119 ± 14 , 77 ± 5 , 108 ± 10 и 156 ± 23 т С/га; в слое 0-50 см. эти запасы соответствовали: 127 ± 13 , 173 ± 28 , 105 ± 7 , 139 ± 14 и 205 ± 33 т С/га. В исследовании (Титлянова, Тесаржова, 1991) получены запасы почвенного углерода в слое 0-50 см: сухая степь 1 – $40,6$ т С/га; сухая степь 2 – $53,2$; настоящая степь 3 – $78,9$; настоящая степь 4 – $36,5$; луговая степь 5 – $134,6$; луговая степь 6 – $136,9$; остепненный луг 7 – $137,2$; и мезофитный луг 8 – $190,1$ т С/га. Используя среднее соотношение по запасам углерода в слоях 30 и 50 см верхнего горизонта почв, полученные по данным (Честных и др., 2004) (73,8%), можно рассчитать запасы органического углерода в слое 0-30 см, исследованных в (Титлянова, Тесаржова, 1991): 1 – $30,0$; 2 – $39,3$; 3 – $58,2$; 4 – $27,0$; 5 – $99,3$; 6 – $101,0$; 7 – $101,3$ и 8 – $140,3$ т С/га. На основании всех имеющихся данных было рассчитано среднее значение запасов углерода почв неуправляемых луговых угодий, которое равно $88,4 \pm 45,82$ т С/га. Эта величина была использована в качестве начального запаса углерода почв до конверсии.

Период конверсии принят равным одному году (см. раздел 6.4.6.2.1). Результаты расчета приведены в таблице 6.84.

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на неуправляемых луговых угодьях, преобразованных в прочие земли. Оценка выбросов N_2O от почв при конверсии неуправляемых луговых земель в прочие земли выполнялась в соответствии с уравнением 11.8 (МГЭИК, 2006). На основе данных баланса углерода в почвах луговых земель, 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 луговых земель в прочие земли приведены в таблице 6.84 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.

6.4.6.2.2.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

См. раздел 6.4.6.2.1.3. Площади переведенных земель в прочие земли получены на основе составленной матрицы конверсии земель. Поэтому неопределенность площадей принята равной в два раза больше, чем официальные статистические данные ($\pm 10\%$).

Оценка изменения запасов углерода биомассы, мортмассы и почвы при конверсии неуправляемых луговых угодий в прочие земли выполнена на основании полученных ранее параметров по среднему запасу углерода биомассы лугов с неопределенностью $\pm 43,83\%$ (см. табл. 6.64), среднему запасу углерода мертвого органического вещества с неопределенностью $\pm 44,08\%$ (см. табл. 6.64) и среднего запаса углерода почв луговых земель с неопределенностью $\pm 45,82\%$ (см. раздел 6.4.6.2.2.2).

Неопределенность расчета прямых и косвенных выбросов закиси азота при минерализации почвенного органического вещества в результате изменения землепользования приняты равными неопределенностям, определенным в секторе сельского хозяйства (см. раздел 5.11 настоящего доклада): $\pm 141,2\%$ для прямого выброса и $\pm 46,5\%$ для косвенного выброса при вымывании соединений азота. Суммарный выброс N_2O при минерализации почвенного органического вещества, таким образом, оценивается с неопределенностью $\pm 182,7\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.4.6.2.2.4 Обеспечение и контроль качества

К данной подкатегории применяются стандартные методы обеспечения и контроля качества национального кадастра.

6.4.6.2.2.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

Уточнены площади неуправляемых луговых угодий, переустроенных в прочие земли.

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 Федерального агентства водных ресурсов 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 6.86.

Таблица 6.86

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 $N-N_2O$		
1990 – 2009	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	1,800	1,800	10,48	0,079	0,027	-23,231	-39,744
2011	1,800	0,0	10,48	0,079	0,027	0,000	0,000
2012	4,000	2,200	10,48	0,175	0,060	-28,394	-48,576
2013	31,228	27,228	10,48	1,362	0,466	-351,413	-601,190
2014	186,646	155,418	10,48	8,143	2,786	-2005,871	-3431,607
2015	186,646	0,0	10,48	8,143	2,786	0,000	0,000
2016	189,646	3,0	10,48	8,274	2,831	-38,719	-66,240

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. 6.87). Для перевода количества сухого вещества фитомассы в запасы углерода использован стандартный переводной коэффициент 0,45 (Левин, 1977).

Таблица 6.87

*Средние запасы фитомассы и мортмассы болотных ценозов РФ
(по данным Базилевич, 1993)*

Показатели	Полярная зона	Бореальная зона	Суббореальная зона	Зона северных пустынь	среднее
Запасы общей фитомассы, тонн сух. в-ва/га	22,9	41,2	17,9	32,7	28,7
Запасы углерода фитомассы, тонн С/га	10,3	18,5	8,1	14,7	12,9
Неопределенность запаса углерода биомассы, $\pm\sigma$ %	$\pm 39,6$	$\pm 108,6$	$\pm 45,2$	$\pm 12,9$	$\pm 40,6$
Запасы мортмассы, тонн сух. в-ва/га	68,3	78,2	18,4	10,3	55,2
Запасы углерода мортмассы, тонн С/га	27,3	31,3	25,6	4,1	22,1
Неопределенность запаса углерода мортмассы, $\pm\sigma$ %	$\pm 29,5$	$\pm 4,2$	$\pm 30,5$	$\pm 26,1$	$\pm 12,9$

Результаты расчета приведены в таблице 6.84.

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. 6.87). 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 6.84 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 ($\text{EF_CO}_2\text{_{on-site}}$) и, дополнительно, при вымывании органического материала (растворенное органическое вещество) ($\text{EF_CO}_2\text{_{DOC}}$). Эти коэффициенты соответствуют:

- $\text{EF_CO}_2\text{_{on-site}}$ (= 5,7 тоннС/га/год) – табл. 2.1, раздел 2.2.1.1, стр. 2.9-2.11 для луговых ценозов бореальной зоны;
- $\text{EF_CO}_2\text{_{DOC}}$ (= 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 6.86 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 $\text{N-N}_2\text{O}$ /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 6.86 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.П 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 ($\pm 10\%$).

Средние запасы углерода биомассы и мортмассы болотных угодий определены по данным (Базилевич, 1993). Соответствующие коэффициенты и их неопределенность приведены в таблице 6.87. Объединенная неопределенность расчетов по данным категориям составляет $\pm 41,79\%$ и $\pm 16,28\%$ соответственно для резервуаров биомассы и мортмассы бывших болотных угодий (в соответствии с уровнем 1 МГЭИК).

Потери углерода почв и выбросы 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 $\text{CO}_2 \pm 49,99\%$, для $\text{CH}_4 \pm 70,23\%$ и для $\text{N}_2\text{O} \pm 50,47\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.4.6.2.3.4 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

В настоящем кадастре были выполнены пересчеты в 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.

6.4.6.2.4 Земли поселений, преобразованные в категорию прочие земли**6.4.6.2.4.1 Характеристика подкатегории**

В кадастре выполнены оценки изменения запасов углерода при переводе земель поселений в прочие земли. Результаты приведены в таблице 6.88.

Прямые и косвенные выбросы закиси азота при минерализации почвенного органического вещества на землях поселений, переведенных в прочие земли, приведены в таблице 6.89.

Таблица 6.88

Площади земель поселений, переустроенных в прочие земли и изменения запасов углерода на них

Годы	Площади земель поселений, переустроенных в прочие земли, тыс. га		Почвенный органический углерод, тыс. тонн С в год			Углерод биомассы, тыс. тонн С в год
	Кумулятивная оценка	Ежегодное изменение	Потери	Накопление	Баланс	
1990-2013	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00
2014	0,96	0,96	38,59	0,0	-38,59	-0,81
2015-2016	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица 6.89

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на землях поселений, переустроенных в прочие земли

Годы	Прямой выброс	Косвенный выброс	Всего
1990 -2013	0,00	0,00	0,00
2014	0,04	0,01	0,05
2015-2016	0,00	0,00	0,00

6.4.6.2.4.2 Методология сбора данных и расчетов

Изменения запасов углерода в биомассе растений на землях поселений, переустроенных в прочие земли. Для резервуара углерода живой биомассы было принято, что перевод земель категории «Земли поселений» выполняется из земель под застройками, строениями, дорогами, зелеными зонами, но без перевода земель городских лесов.

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.

Запасы углерода в резервуаре биомассы до 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 6.15 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 было использовано в расчетах. Результаты приведены в таблице 6.88.

Изменения запасов углерода в мертвом органическом веществе земель поселений, переустроенных в прочие земли. 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 «не применимо» («NA»).

Изменения запасов углерода в почвах земель поселений, переустроенных в прочие земли. Оценки изменения запасов углерода в почвах земель поселений, переустроенных в прочие земли, выполнены 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 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 поселений до 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.

Результаты расчета приведены в таблице 6.88.

Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества на землях поселений, переведенных в прочие земли. Оценка выбросов N_2O от почв при конверсии земель поселений 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 6.89 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.

6.4.6.2.4.3 Неопределенность и последовательность временных рядов

В кадастре выполнена оценка неопределенности при оценке изменений запасов углерода биомассы и почвы при конверсии земель поселений в прочие земли. Для этого использованы полученные ранее параметры по среднему запасу углерода биомассы поселений с неопределенностью $\pm 24,04\%$ и среднего запаса углерода почв поселений с неопределенностью $\pm 41,54\%$ (см. раздел 6.4.5.2.2.3 выше). В соответствии с уровнем 1 МГЭИК объединенная неопределенность оценки по резервуару биомассы составляет $\pm 26,04\%$ и по резервуару почв $\pm 47,99\%$.

Неопределенность оценки прямого и косвенного выброса N_2O оценивалась в соответствии с диапазонами неопределенностей всех использованных по умолчанию параметров и коэффициентов расчета (см. таблицы 11.1 и 11.3 главы 11 тома 4 (МГЭИК, 2006)). Объединенная неопределенность соответствует величине $\pm 182,72\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одного источника статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.4.6.2.4.4 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).

6.4.6.2.4.5 Перерасчеты и планируемые усовершенствования

В настоящем кадастре были выполнены пересчеты в 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.

6.4.6.3 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, т.к. ни растительности,

ни мертвого органического вещества на них не формируется. Соответственно, в таблицах ОФД было использовано стандартное обозначение «не применимо» («NA»).

6.4.7 Заготовленные лесоматериалы (раздел 4.G ОФД)

6.4.7.1. Характеристика категории

В данной категории рассматриваются все вывезенные с места заготовки лесоматериалы, 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 из РФ и захоронении вышедших из употребления лесоматериалов на свалках и полигонах.

На основании полученных оценок экспорта, импорта и утилизации продуктов лесозаготовки была проведена оценка общего ежегодного изменения запасов углерода в пуле продукции лесозаготовки за период 1961-2016 гг. (рис. 6.21). Положительные величины показывают увеличение пула продуктов лесозаготовок, а отрицательные – его уменьшение.

Как видно из приведенной диаграммы в динамике изменения запасов углерода в продукции лесопереработке 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 2016 гг. 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. В последние годы (2008-2016 гг.) намечилось снижение темпов уменьшения пула углерода в продуктах переработки древесины, которое связано в первую очередь с уменьшением экспорта необработанной древесины и пиломатериалов.

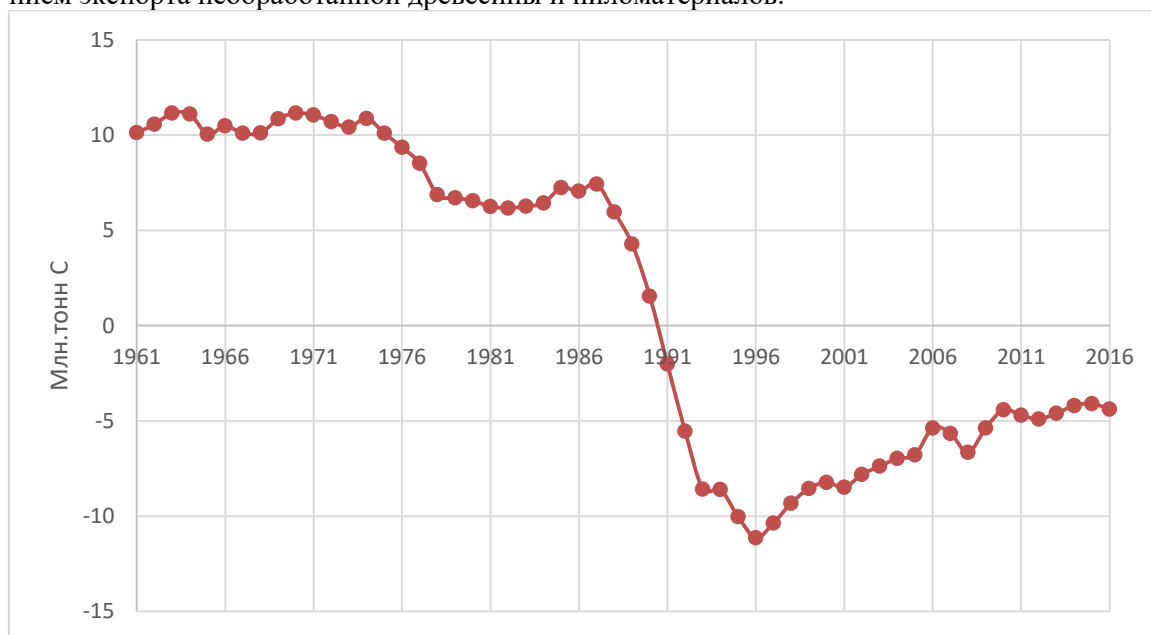


Рисунок 6.21 – Изменение запасов углерода в продукции лесозаготовки

6.4.7.2. Методология сбора данных и расчетов

Оценка изменения запасов углерода в заготовленных лесоматериалах была выполнена согласно методологии Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) и основывается на балансовых оценках эмиссии и поглощения парниковых газов. Расчет выбросов и поглощения парниковых газов проведен на основе данных характеризующих хозяйственную деятельность лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, данных о производстве и экспорте круглого леса, пиломатериалов, фанеры, древесно-стружечные плит (ДСП), древесноволокнистых плит (ДВП) и цел-

люлозы за период с 1961-2016 гг. и соответствующих коэффициентов перевода и эмиссии руководящим указаниям (МГЭИК, 2006).

Экспорт и импорт. Данные по экспорту 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 – 2015 гг. – использованы данные Федеральной таможенной службы (Государственный таможенный комитет, 1994-2016) и статистической базы данных ФАО (<http://www.fao.org>). Данные за 2017 г. необходимые для расчетов были взяты как среднеарифметическое за период 2012 – 2016 гг. Для того, чтобы избежать двойного учета углерода в глобальном масштабе импорт был принят равным нулю.

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.6.90.

Таблица 6.90

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.6.91.

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 м³ производили на основе их средней плотности 0,414 т с.в. м³. 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 лесного экспорта продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности с 1961 по 2016 гг. представлена в табл. 6.92.

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. 6.92) 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 экспорта, 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 г.

Таблица 6.91

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 6.92

Экспорт продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации*

Год	Круглый лес, тыс. м ^{3*}	Пиломатериалы, тыс. м ^{3*}	Древесные плиты, тыс. м ^{3*}	Целлюлоза, тыс. т*
1961	5202,32	4787,04	117,02	244,54
1962	6830,17	5516,60	137,17	245,36
1963	7401,86	6003,46	182,11	225,68
1964	8663,64	7061,55	246,93	241,41
1965	10247,33	7361,10	285,20	240,95
1966	11727,52	7351,63	311,38	271,95
1967	11372,67	6847,56	358,21	340,22
1968	11735,06	7291,37	437,96	358,43
1969	12512,00	7268,00	459,54	391,92
1970	14076,00	7360,00	525,89	412,07
1971	13432,00	7268,00	491,65	429,27
1972	13708,00	7360,00	532,04	460,64

Продолжение таблицы 6.92

Год	Круглый лес, тыс. м ³ *	Пиломатериалы, тыс. м ³ *	Древесные плиты, тыс. м ³ *	Целлюлоза, тыс. т*
1973	17204,00	7544,00	612,76	477,66
1974	16744,00	7268,00	698,06	451,81
1975	15548,00	7199,92	746,25	473,80
1976	16468,00	7912,00	784,78	581,44
1977	16376,00	7636,00	849,53	625,60
1978	16008,00	7452,00	873,04	713,92
1979	13984,00	6992,00	832,71	625,88
1980	12788,00	6532,00	868,17	755,60
1981	12575,48	6348,00	915,23	776,20
1982	12100,76	6654,60	865,43	817,00
1983	13898,44	6749,48	839,60	931,03
1984	14349,24	6647,14	844,21	928,99
1985	14213,08	7145,64	865,56	892,63
1986	16696,16	7433,60	971,61	1016,76
1987	17797,40	7261,56	1107,34	1000,75
1988	18847,12	7572,52	1057,20	970,62
1989	17467,12	7196,24	1058,46	938,81
1990	19193,96	6453,80	818,11	678,52
1991	13641,02	4580,00	390,94	324,14
1992	12356,00	327,47	327,47	398,57
1993	11539,00	389,76	525,10	857,59
1994	14850,32	133,72	631,91	934,31
1995	18445,97	324,29	670,50	1331,83
1996	15914,72	5595,26	1028,25	1078,50
1997	17845,49	5762,00	967,91	985,12
1998	19971,70	5611,51	1039,23	1028,60
1999	27608,71	7531,72	1298,19	1349,99
2000	30828,88	9040,27	1423,19	1712,65
2001	31692,88	9136,95	1392,77	1789,26
2002	36761,51	10433,88	1547,19	1921,25
2003	44899,18	11846,91	1637,84	1969,07
2004	41470,86	12469,63	1901,86	1931,22
2005	47932,27	14741,50	2055,62	2050,46
2006	51111,86	15843,07	2199,15	2017,20
2007	49330,96	5789,85	2281,44	2066,29
2008	36738,33	4823,64	574,12	2221,90
2009	21649,51	4945,58	2087,93	1888,88
2010	21239,24	5410,11	2213,38	2070,60
2011	21185,60	5853,06	2101,41	2327,33
2012	17657,60	6191,56	2085,21	2622,10
2013	19046,70	6809,95	2281,59	2305,24
2014	20877,9	7294,40	3284,66	2432,10
2015	19375,0	8020,91	3779,08	2486,20
2016	20065,4	6833,98	2461,00	2144,00

* – начиная с 2006 года по уточненным данным ФТС РФ

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» (1991-2015) (Госкомстат, 1991-2003; Росстат, 2004-2016) и и статистической базы данных ФАО (<http://www.fao.org>). Данные за 2017 г. необходимые для расчетов были взяты как среднеарифметическое за период 2012 – 2016 гг.

Пересчет статистических данных из тонн произведенных и экспортированных пиломатериалов в м³ за 1994-2013 гг. осуществляли по средневзвешенной плотности заготовленных лесоматериалов за период с 1990 по 2004 гг. (0,522 т с.в. • м⁻³), полученной расчетным путем в работе (Грабар, 2008).

Пересчет статистических данных по общей площади изготовленных и экспортированных древесноволокнистых плит в кубические метры осуществляли на основе их средней толщины 0,0032 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 1961-2016 гг. приведены в табл. 6.93.

Таблица 6.93

Динамика объемов производства продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в России

Год	Круглый лес, млн. м ^{3*}	Пиломатериалы, включая шпалы, млн. м ³	Древесные плиты, млн. м ³	Целлюлоза, включая древесную массу, 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

Продолжение таблицы 6.93

Год	Круглый лес, млн. м ³ *	Пиломатериалы, вклю- чая шпалы, млн. м ³	Древесные плиты, млн. м ³	Целлюлоза, включая дре- весную массу, млн. тонн
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
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	11,65	8,21

* – по 2009 г. – вывозка древесины; с 2010 г. – древесина необработанная.

Как видно из табл. 6.93, 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. м³ 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 2016 году по сравнению с 1998 годом в 1,7 и 1,2 раза соответ-

ственно. Выпуск древесных плит в этот период показал максимальный рост – 3,8 раза. Объемы производства целлюлозы за это же время выросли почти в 2 раза.

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. 6.22) показали, что весь период оценки, с 1961 г., происходит увеличение эмиссии CO_2 от захоронения продуктов лесозаготовки, выходящих из оборота на свалках и полигонах. В 2016 г. величина эмиссии от захоронения продуктов лесозаготовки на свалках и полигонах составила 13479,0 тыс. т CO_2 .

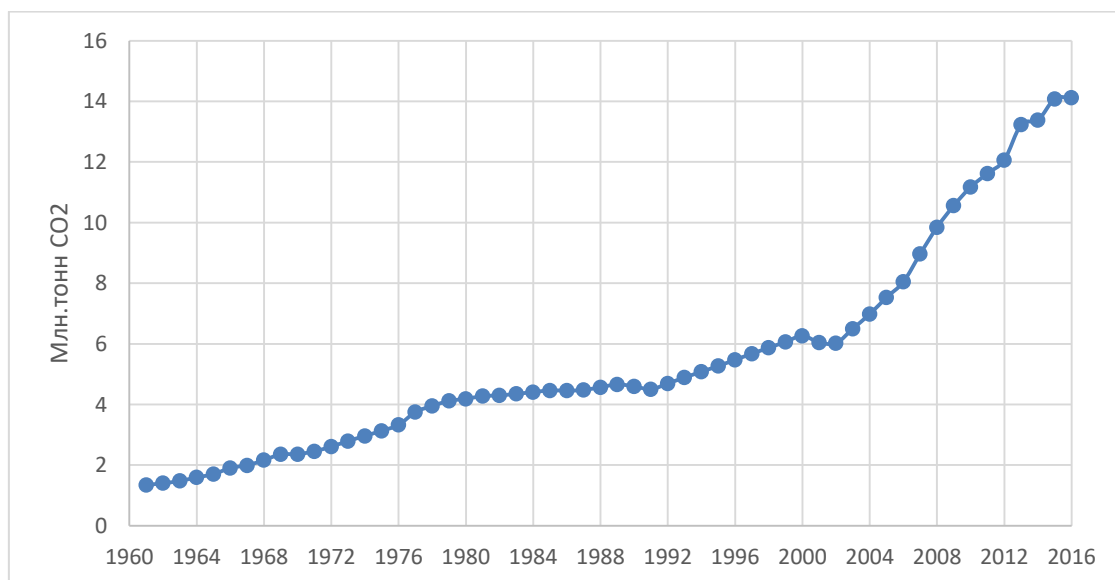


Рисунок 6.22 – Выбросы CO_2 на свалках и полигонах от захоронения выходящих из оборота продуктов лесозаготовок.

6.4.7.3 Неопределенность и согласованность временных рядов

Неопределенность исходных данных оценивается не более чем $\pm 5,0\%$. Погрешность перевода статистических данных по тоннажу экспортированных и импортированных шпал в кубические метры оценивается в $\pm 12,9\%$.

Расчет погрешности пересчета статистических данных из тонн произведенных и экспортированных пиломатериалов в м^3 был выполнен пошагово в соответствии с уровнем 1 МГЭИК. Погрешности статистических данных, использованных в расчетах, составляют $\pm 5,0\%$. Общая погрешность средневзвешенной оценки объемов заготовки лесоматериалов по различным типам хозяйств, выполненная на данных по лесозаготовкам с 1990 по 2004 гг., составила $\pm 8,7\%$. Погрешность расчета средней плотности основных древесных пород составила для хвойных – $\pm 21,7\%$, для мягколиственных – $\pm 20,2\%$. Общая погрешность расчета средней плотности основных древесных пород составила $\pm 9,5\%$. Общая погрешность пересчета статистических данных из тонн произведенных и экспортированных пиломатериалов в м^3 составила $\pm 12,9\%$.

Погрешность пересчета статистических данных по общей площади изготовленных, экспортированных и импортированных древесноволокнистых плит в кубические метры была оценена в $\pm 10,0\%$.

Общая итоговая оценка изменений запаса углерода в резервуаре продукции лесозаготовки оценивается в $\pm 21,4\%$.

Учитывая, что исходные данные в течение всех лет рассматриваемого периода взяты из одних и тех же источников статистической информации, а также то, что одинаковые методы оценки применены для всего периода, можно заключить, что временные ряды выбросов согласованы.

6.4.7.4 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

В ходе подготовки кадастра 2017 г. с целью избегания двойного учета углерода в пуле заготовленных лесоматериалов в глобальном масштабе импорт продукции деревообработки в РФ был принят равным нулю. В связи с этим был проведен полный пересчет всего временного ряда.

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. Учитывая, что матрица земель для 2014 г. основана на ежегодных статистических данных, а не на допущениях (которые использованы только для формирования матрицы 1990-2009 гг.), неопределенность этих допущений не учитывалась при оценке неопределенности в секторе ЗИЗЛХ за 2014 г., как это рекомендовано группой экспертов по проверке кадастра в 2012 г.

Расчет неопределенности инвентаризации в секторе ЗИЗЛХ выполнялся по подходу 1 (МГЭИК, 2006). Результаты представлены в таблицах 6.94 и 6.95. 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 6.94 и 6.95 для величины суммарных выбросов от сектора ЗИЗЛХ приведен 95% доверительный интервал, который составляет для 1990 г. $\pm 120\,131,7$ тыс. тонн CO_2 -экв. или 75,7% и для 2016 г. $\pm 175\,147,1$ тыс. тонн CO_2 -экв. или 27,6%. Таким образом, можно заключить, что неопределенность полученных оценок по инвентаризации выбросов парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ в 2016 году составляет 28%. 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 6.94

Оценка неопределенности кадастра потоков парниковых газов
в землепользовании, изменении землепользования и лесном хозяйстве России в 1990 г.

Категория источника/поглотителя	Выброс парниковых газов, CO ₂ -экв., Гг ¹⁾	Неопределенность	
		%	CO ₂ -экв., Гг
1	2	3	4
4.А Лесные земли	-218242,74	49,0	106992,9
4.А.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями	-206190,99	51,9	106967,9
Фитомасса	-332619,68	22,4	74376,0
Мертвая древесина	2882,91	37,7	1087,9
Подстилка	-9628,52	62,8	6046,8
Минеральные почвы	-22141,99	65,8	14561,6
Органогенные почвы	6093,36	48,7	2970,0
Мгновенная эмиссия CO ₂ от пожаров	129384,27	57,6	74505,6
Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров	11960,33	72,8	8707,2
Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров	7878,33	63,2	4982,7
4.А.2 Земли, переведенные в лесные земли	-14500,20	14,8	2143,7
Фитомасса	-9844,45	11,2	1100,6
Мертвая древесина	-1977,72	32,4	640,5
Подстилка	-334,64	62,2	208,2
Минеральные почвы	-2617,21	65,2	1706,2
Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров	165,02	72,8	120,1
Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров	108,81	63,2	68,8
4 (II) Эмиссии от осушения почв	2448,46	35,5	870,4
Эмиссия N ₂ O от осушения органогенных почв	1874,28	39,5	740,7
Эмиссия CH ₄ от осушения органогенных почв	574,18	79,6	457,2
4.В.1 Пахотные земли	317805,93	17,0	54018,1
Биомасса	-7850,15	75,2	5900,7
Минеральные почвы	237264,89	22,2	52719,9
Органогенные почвы, CO ₂	82837,33	39,6	8950,2
Органогенные почвы, CH ₄	5553,86	87,5	4862,0
4.С.1 Постоянные кормовые угодья	37955,08	19,6	7426,6
Минеральные почвы	-16336,82	12,7	2066,6
- поступление углерода	-978594,95	23,3	228326,2
- вынос углерода	969310,42	9,7	94006,2
Органогенные почвы, CO ₂	51304,99	49,2	6889,0
Органогенные почвы, CH ₄	2622,35	69,7	1827,8
Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров	174,57	109,8	191,7
Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров	189,99	113,8	216,2
4.С.2 Земли, переведенные в кормовые угодья из пахотных земель	-2529,95	38,7	978,3
Биомасса	-1603,99	44,4	711,9
Мертвое орган. в-во	-1267,24	44,6	565,6
Минеральные почвы	-412,38	14,9	61,4
Органогенные почвы, CO ₂	717,01	49,5	354,8
Органогенные почвы, CH ₄	36,65	69,9	25,6

Продолжение таблицы 6.94

1	2	3	4
4.D Водно-болотные угодья	3389,73	73,0	2472,9
4.D.1 Постоянные водно-болотные угодья (управляемые земли)	3694,57	67,3	2485,3
Выбросы CO ₂	3389,73	73	2472,9
4.D.2 Земли, переведенные в водно-болотные угодья	-16,40	73,0	12,0
Выбросы CO ₂	-16,40	73,0	12,0
4 (II) Осушение почв	309,24	80,5	248,8
Выбросы CO ₂	3,14	73,0	2,3
Выбросы CH ₄	260,66	94,5	246,2
Выбросы N ₂ O	45,44	79,4	36,1
4.E.1 Поселения, остающиеся поселениями	-449,72	32,0	144,0
Биомасса поступление	-449,72	32,0	144,0
4.E.2 Земли, переведенные в земли поселений	17652,10	11,7	2073,0
Из лесных земель	17231,70	11,2	1922,9
Фитомасса потери	8935,29	16,4	1465,5
Мертвая древесина	1771,87	16,4	290,6
Подстилка	1583,74	24,2	382,7
Минеральные почвы	4937,66	23,3	1148,5
Выбросы N ₂ O при минерализации органического вещества почв	420,41	184,2	774,4
4.G Заготовленные лесоматериалы	2807,36	21,4	600,8
4 (IV) Непрямой выброс N₂O от обрабатываемых почв	94,59	188,6	178,4
ВСЕГО	158775,23	75,7	120131,7

¹⁾ Положительные величины показывают выброс, отрицательные – поглощение.

²⁾ Процентная величина относится к модулю балансовой оценки.

Таблица 6.95

Оценка неопределенности кадастра потоков парниковых газов в землепользовании, изменении землепользования и лесном хозяйстве России в отчетном году

Категория источника/поглотителя	Выброс парниковых газов, CO ₂ -экв., Гг ¹⁾	Неопределенность	
		%	CO ₂ -экв., Гг
1	2	3	4
4A Лесные земли	-661818,59	26,3	173880,2
4.A.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями	-652855,94	26,6	173873,7
Биомасса	-653409,45	22,4	146106,8
Мертвая древесина	-57548,69	37,7	21716,5
Подстилка	-18468,81	62,8	11598,6
Минеральные почвы	-81145,89	65,8	53365,4
Органогенные почвы	5077,02	48,7	2474,7
Мгновенная эмиссия CO ₂ от пожаров	125694,25	57,6	72380,7
Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров	16258,95	72,8	11836,7
Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров	10686,68	63,2	6758,8
4.A.2 Земли, переведенные в лесные земли	-11002,72	12,0	1316,4
Биомасса	-8315,00	11,2	929,6
Мертвая древесина	-1705,99	32,4	552,5
Подстилка	-73,48	62,2	45,7
Минеральные почвы	-1135,61	65,2	740,3
Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров	137,02	72,8	99,8

Продолжение таблицы 6.95

1	2	3	4
Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров	90,35	63,2	57,1
4 (II) Эмиссии от осушения почв	2040,07	35,5	725,2
Эмиссия N ₂ O от осушения органогенных почв	1561,66	39,5	617,1
Эмиссия CH ₄ от осушения органогенных почв	478,41	79,6	380,9
4.В.1 Пахотные земли	90041,81	12,3	11102,9
Живая биомасса	-4665,65	75,2	3507,0
Минеральные почвы	36601,33	22,2	8132,8
Органогенные почвы, CO ₂	54455,16	39,6	5883,7
Органогенные почвы, CH ₄	3650,96	87,5	3196,2
4.С.1 Постоянные кормовые угодья	28437,82	18,2	5172,5
Минеральные почвы	-9308,92	12,7	1177,6
- поступление углерода	-848794,7	22,8	198041,1
- вынос углерода	839485,7	8,3	81415,4
Органогенные почвы, CO ₂	37475,17	49,2	5032,0
Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров	130,04	109,8	142,8
Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров	141,53	113,8	161,0
4.С.2 Земли, переведенные в кормовые угодья	-104338,87	16,0	16745,0
Из пахотных земель			
Биомасса	-20900,58	44,4	9276,8
Мертвое органическое вещество	-17293,00	44,6	7718,3
Минеральные почвы	-53469,57	14,9	7965,4
Органогенные почвы, CO ₂	17068,15	49,5	8444,9
Органогенные почвы, CH ₄	-20900,58	44,4	9276,8
Из прочих земель			
Биомасса	-2232,13	45,0	1003,5
Мертвое органическое вещество	-1846,85	45,2	0,0
Почвы	-27580,37	22,4	6167,2
Органогенные почвы, CH ₄	1915,47	69,9	1338,3
4.Д.1 Постоянные водно-болотные угодья (управляемые земли)	2441,44	61,5	1500,7
Выбросы CO ₂	2001,56	73,0	1460,2
4 (II) Эмиссии от осушения почв			
Выбросы CO ₂	37,82	73,0	27,6
Выбросы CH ₄	364,16	94,5	344,0
Выбросы N ₂ O	37,90	79,4	30,1
4.Е.1 Поселения, остающиеся поселениями	-1661,67	32,0	532,0
Биомасса поступление	-1661,67	32,0	532,0
4.Е.2 Земли, переведенные в земли поселений	1707,59	77,6	1325,8
Из лесных земель	4212,40	11,7	491,0
Биомасса потери, CO ₂	2261,77	16,4	371,0
Мертвая древесина	467,6	16,40	76,7
Подстилка	374,4	24,17	90,5
Минеральные почвы	1070,82	23,3	249,1
Органогенные почвы	37,82	23,3	8,8
Из прочих земель	-2595,98	47,0	1220,0
Биомасса	-54,14	26,0	14,1
Почвы	-2541,85	48,0	1219,9
Выбросы N ₂ O при минерализации органического вещества почвы	91,17	184,2	167,9

Продолжение таблицы 6.95

1	2	3	4
4.F.2 Земли, переведенные в прочие земли	5275,57	48,8	2575,1
<i>Из водно-болотных угодий</i>	4431,89	45,7	2024,4
Биомасса	141,97	41,8	59,3
Мертвое органическое вещество	242,88	16,3	39,5
Почвы, CO ₂	4047,05	50,0	2023,1
Выбросы N ₂ O при минерализации органического вещества почвы	5275,57	48,8	2575,1
4.G Заготовленные лесоматериалы	5439,95	21,4	1164,3
Непрямой выброс N ₂ O от обрабатываемых почв	20,51	188,6	38,7
ВСЕГО	-634454,44	27,6	175147,1

¹⁾ Положительные величины показывают выброс, отрицательные – поглощение.

²⁾ Процентная величина относится к модулю балансовой оценки.

6.6 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 соотношению суммы площадей всех угодий с общей площадью страны. Контроль качества соотношения категорий земель МГЭИК и земельных угодий и принятых допущений выполняется на ежегодной основе в результате межведомственного рассмотрения Национального доклада о кадастре, которое включает рецензирование Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии.

6.7 Перерасчеты и усовершенствования

В настоящем кадастре выполнены следующие перерасчеты и усовершенствования:

- Перерасчеты в подкатегории 4.A.1 «Постоянные лесные земли» по всему временному ряду связаны с использованием уточненных значений конверсионных коэффициентов для разных древесных пород и групп возраста древостоев, опубликованные в работе (Schepaschenko et al., 2017), а также с учетом изменения запасов углерода в пулах фитомассы и мертвой древесины перестойных древостоев.
- Перерасчеты в подкатегории 4.A.2 «Земли, переведенные в лесные земли» по всему временному ряду связаны с учетом углероддепонирующей роли защитных насаждений, созданных до 1990 г., а также новыми данными по накоплению углерода в органическом веществе постагрогенных почв (Kurganova, Lopes de Gerenyu, 2008).

- В связи с учетом затопленных и осушенных земель водохранилищ выполнено уточнение матрицы перевода категорий землепользования за период с 1990 года. В связи с этим были соответственно пересчитаны выбросы и поглощение переводных категорий земель.
- Перерасчеты подкатегории «Сенокосы и пастбища» в 2015 г. связаны с коррекцией объемов смыва органического вещества при оценке потерь почвенного углерода с эрозией и дефляцией.
- Перерасчеты подкатегории «Заготовленные лесоматериалы» были проведены по всему временному ряду. Перерасчеты по заготовленным лесоматериалам связаны с использованием производственного подхода, учитывающего внутренне производство и экспорт.
- В ответ на рекомендации экспертов группы по проверке в тексте НДК улучшена прозрачность и соответствие таблиц 6.4 и 6.5 данным, представленным в таблицах ОФД. Кроме того, улучшена согласованность терминологии в главе 6 – исправлено название «прочие земли». Актуализированы разделы НДК 6.4.3.2.1.5 и 6.4.3.2.2, а также таблица 6.65.
- В соответствии с рекомендациями экспертов группы по проверке кадастра в настоящем кадастре впервые включены оценки выбросов парниковых газов от органогенных почв лесных земель, переустроенных в поселения.
- Впервые в настоящем кадастре включены оценки выбросов парниковых газов от затопления и осушения земель при строительстве водохранилищ (спуска водохранилищ).
- В соответствии с рекомендациями экспертов по проверке в таблицах ОФД 4В, 4С, 4Д, 4Е и 4Ф приведены кумулятивные площади переводных категорий землепользования.
- В ответ на замечания экспертов по проверке кадастра 2017 года была проведена проверка аккуратности оценок выбросов и поглощения парниковых газов по всем земельным категориям. Несоответствия площадей представленных в таблице 4.1 ОФД за 2017 год и секторальных таблиц 4А- 4Е не влияют на корректность оценок потоков парниковых газов.
- В настоящем кадастре были учтены рекомендации экспертов по проверке кадастра 2017 года и внесены обновления в раздел НИР 6.4.3.2 (земли, переустроенные в пастбищные угодья), включающие разделы 6.4.3.2.1.5 и 6.4.3.2.2 и таблицу 6.65, относящиеся к перевод прочих земель в пастбища (и соответствующие им запасы углерода и изменения запасов), с тем, чтобы обеспечить согласованность информации с таблицей CRF 4.С.

6.8 Планируемые усовершенствования

В секторе ЗИЗЛХ предусматриваются следующие усовершенствования:

- 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 РФ.

Дальнейшее усовершенствование существующих методологий расчетов, уточнение расчетных коэффициентов и исходных данных по деятельности при расчете выбросов парниковых газов в секторе землепользования, изменения в землепользовании и лесного хозяйства 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 главы 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;
- косвенные выбросы N_2O от бытовых стоков.

Выбросы от сжигания твердых коммунальных отходов и ила, а также от сжигания биогаза на сооружениях очистки сточных вод отнесены к сектору «Энергетика», так как сопровождаются утилизацией выделяющейся энергии.

Суммарный выброс парниковых газов по сектору составил в 2016 г. 115 790 Гг CO_2 -экв. Начиная с 1995 года, в секторе отмечается значительный устойчивый рост выбросов парниковых газов. Он связан с увеличением количества твердых коммунальных отходов, накапливаемых на свалках и 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 2016 г. по сравнению с 1990 годом составил 42,7%. В 2016 г. выброс парниковых газов в секторе «Отходы» увеличился на 2,2% по сравнению с 2015 г.

Наибольший вклад в общий выброс парниковых газов от сектора «Отходы» внесли эмиссии от захоронения твердых коммунальных отходов, составив 68,4% в 2016 г. Выбросы от этого источника постоянно увеличивались в течение всего периода, несмотря на некоторое снижение численности населения, и к 2016 г. их прирост по сравнению с 1990 годом составил 72,3%. В 2016 г. рост выбросов метана от захоронения ТКО составил 2,8% по отношению к 2015 г.

Выбросы CH_4 от захоронения промышленных отходов дали значительно меньший вклад в общий объем выбросов по сектору (до 6,5% в 2016 году), при этом они демонстрировали постоянный но изменчивый рост с 2004 года. В 2016 г. такие выбросы были на 26,6% выше уровня 1990 г. и на 0,6% больше уровня 2015 г., что связано с изменением экономической активности промышленных производств и накоплением отходов от их деятельности.

Выбросы от других источников либо незначительно увеличились по сравнению с 1990 годом (выбросы метана от фекальных сточных вод), либо остались практически на том же уровне.

Выбросы CH_4 от процессов очистки коммунально-бытовых сточных вод являются следующим по величине вклада, составив в 2016 году 16,2% всех выбросов от сектора «Отходы». При этом такие выбросы в 2016 г. были на 2,3% ниже уровня 1990 г. и практически на том же уровне, что и выбросы в 2015 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 2016 г. практически вернулись на уровень 1990 г. (выше этого уровня на 1,6%), после достаточно сильного снижения, вызванного сокращением промышленного производства. Тренд выбросов в этой категории источников сильно зависит от изменений объема производства в различных секторах промышленности. На протяжении периода расчета тренд этих выбросов был как положительным, так и отрицательным. Так, с 1997 г. снижение выбросов сменяется их устойчивым ростом до 2008 г.; последние годы характеризуются неустойчивой динамикой. В этот период возрастает и вклад данной категории в общий выброс парниковых газов по сектору (до 6,4% в 2016 г.). В 2016 г. рост выбросов метана, связанных с очисткой промышленных сточных вод, составил 3,8% к уровню 2015 г.

Косвенный выброс N_2O от бытовых стоков в 2016 г. был на 4,7% больше выброса 1990 г., при этом его увеличение по сравнению с предыдущим годом составило 3,7%. Выбросы от фекальных сточных вод по большей части снижались до 2000 года, когда эта тенденция сменилась на противоположную, несмотря на снижение численности населения, в связи с увеличением потребления белковой пищи.

Выбросы N_2O и CH_4 от биологической обработки твердых коммунальных отходов оцениваются как незначительные, за весь период расчета, не превышая 43 Гг CO_2 -экв. (для метана) и 31 Гг CO_2 -экв. для N_2O (24 и 17 Гг CO_2 -экв. в 2016 году соответственно). Изменение количества выбросов связано с деятельностью нескольких функционирующих в России заводов по компостированию отходов.

Тренды выбросов парниковых газов в секторе «Отходы» представлены в таблице 7.1 и на рисунке 7.1.

В связи с уточнением коэффициентов и параметров, использованных для оценки выбросов, а также внесением изменений в ряды данных о деятельности, был произведен пересчет значений выбросов для всего временного ряда. При этом выбросы 1990 года увеличились на 5,8%, а выбросы 2015 года уменьшились на 1,2%.

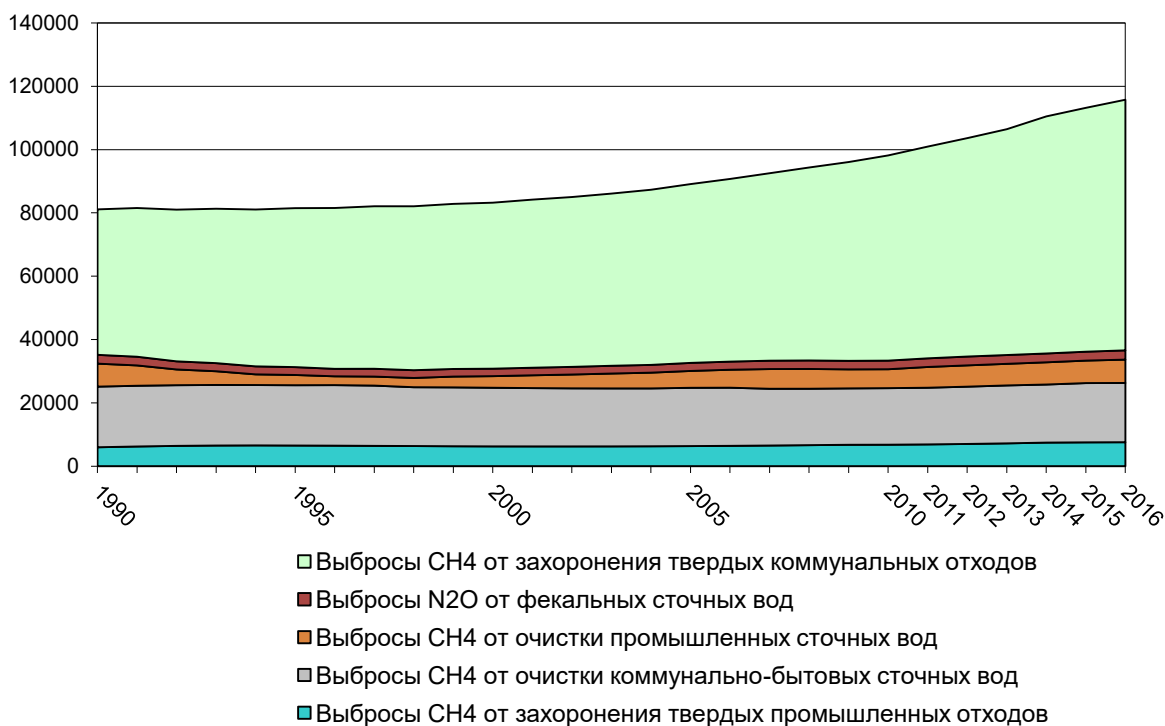


Рисунок 7.1 – Выбросы парниковых газов в секторе «Отходы» за весь расчетный период, Гг CO_2 -экв. (Выбросы парниковых газов от биологической обработки отходов не показаны ввиду их незначительности.)

7.2 Захоронение твердых отходов на свалках и полигонах (5.A)

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.

Таблица 7.1

Выбросы парниковых газов в секторе «Отходы», Гг CO₂-экв.¹⁾

Год	Захоронение твердых отходов			Биологическая обработка отходов			Очистка сточных вод				Итого
	Выброс CH ₄ от ТКО	Выброс CH ₄ от ТПО	Всего	Выброс CH ₄ от компостирования отходов	Выброс N ₂ O от компостирования отходов	Всего	Выброс CH ₄ от сточных вод ЖКХ	Выброс CH ₄ от промышленных сточных вод	Выброс N ₂ O от фекальных сточных вод	Всего	
1990	45 931	5 990	51 921	24	17	41	19 151	7 259	2 785	29 195	81 157
1995	50 203	6 541	56 744	36	26	62	19 044	3 232	2 489	24 766	81 572
2000	52 428	6 270	58 699	43	31	73	18 512	3 671	2 353	24 536	83 308
2005	56 473	6 364	62 837	43	31	73	18 404	5 326	2 541	26 270	89 181
2007	59 197	6 536	65 734	43	31	73	17 931	6 222	2 649	26 801	92 608
2008	60 940	6 654	67 595	43	31	73	17 821	6 249	2 681	26 751	94 419
2009	62 794	6 773	69 566	43	31	74	17 811	6 002	2 696	26 510	96 150
2010	64 805	6 802	71 608	41	29	70	17 854	5 974	2 724	26 552	98 230
2011	66 870	6 893	73 762	37	26	63	17 899	6 553	2 731	27 184	101 009
2012	68 977	7 037	76 014	39	28	67	18 096	6 721	2 788	27 604	103 685
2013	71 323	7 218	78 541	28	20	48	18 305	6 823	2 772	27 900	106 489
2014	74 877	7 467	82 344	33	23	56	18 342	7 016	2 784	28 142	110 542
2015	77 014	7 539	84 553	38	27	65	18 719	7 105	2 813	28 637	113 255
2016	79 156	7 584	86 740	24	17	42	18 719	7 373	2 917	29 009	115 790

¹⁾ С округлением

Одним из способов утилизации отходов в России является их размещение (захоронение) на 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 (ТКО);
- твердые промышленные (в т.ч. от сельского хозяйства) отходы (ТПО).

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 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. 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) чаще всего захораниваются специально оборудованных площадках – полигонах, где производится их размещение в грунте или специальных картах, а также уплотнение и покрытие изоляционным материалом. (Минздрав, 2001; Госсанэпиднадзор, 2003)

Захоронение промышленных отходов 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 обычно размещаются на некрупных полигонах (свалках), в том числе могут несанкционированно размещаться в окружающей среде.

Большая часть отходов в стране размещаются на крупных и очень крупных контролируемых полигонах (Волынкина, Зайцева, 2010). Значимые для расчетов проекты по извлечению и сжиганию метана из мест захоронения отходов за исследуемый период в России отсутствовали.

Результаты оценки выбросов за период 1990-2016 гг. представлены в таблице 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 1996-2010 годов.

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 и неконтролируемых (5.A.2) свалок твердых отходов.

Оценка выбросов метана от объектов захоронения отходов выполнена как сумма рассчитанных по отдельности оценок выбросов от захоронения централизованно вывозимых на контролируемые полигоны ТКО и ТПО; а также от неглубоких неконтролируемых свалок, на которые население нецентрализованно размещает свои отходы.

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 2014-2016 гг. от отходов, ранее размещенных (с 1960 г.) на территории Республики Крым и г. Севастополь. Выбросы метана 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 населенных пунктов в соответствии с определением МГЭИК считались контролируруемыми анаэробными, и для них принимался MCF, равный 1 (МГЭИК, 2006). Свалки и полигоны, отходы на которые поступают нецентрализованно, считались неконтролируемыми неглубокими свалками, и для них принимался MCF, равный 0,4 (МГЭИК, 2006). Все полигоны, на которые вывозятся ТПО, считались контролируруемыми анаэробными свалками, и для них принимался коэффициент MCF, равный 1 (МГЭИК, 2006).

Таблица 7.2

Выбросы CH_4 от захоронения твердых отходов на свалках и полигонах, Гг¹⁾

Год	Категории отходов			Из них от:		Итого
	ТКО (центра- лиз. вывезен- ные)	ТКО (нецен- трализ. вывез- енные)	ТПО	Контролиру- емых поли- гонов	Неконтроли- руемых сва- лок	
1990	1 837	240	1 614	463	2 077	1 837
1995	2 008	262	1 801	469	2 270	2 008
2000	2 097	251	1 897	450	2 348	2 097
2005	2 259	255	2 089	425	2 513	2 259
2007	2 368	261	2 216	413	2 629	2 368
2008	2 438	266	2 297	407	2 704	2 438
2009	2 512	271	2 382	401	2 783	2 512
2010	2 592	272	2 469	395	2 864	2 592
2011	2 675	276	2 562	388	2 950	2 675
2012	2 759	281	2 659	381	3 041	2 759
2013	2 853	289	2 767	375	3 142	2 853
2014	2 995	299	2 919	375	3 294	2 995
2015	3 081	302	3 014	369	3 382	3 081
2016	3 166	303	3 106	363	3 470	3 166

¹⁾ С округлением

Содержание органического углерода

Содержание в твердых коммунальных отходах органического углерода (DOC) оценивалось по многолетним результатам изучения 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), данные приведены в таблице 7.3. Средневзвешенное содержание биоразлагаемого органического углерода DOC(x) в ТКО для периода 1990-2014 гг. рассчитывалось с учетом имеющихся данных по эволюции его фракционного состава и национальных данных о содержании DOC в этих компонентах (Академия, 1980, Академия, 1989, МГЭИК, 2006, Мирный и др., 2010, экспертная оценка). Для 1980 года и более ранних лет было принято постоянное значение DOC равное 0,25, рассчитанное как среднее по нескольким источникам. Эти значения DOC(x) были приняты для расчетов эмиссии метана от захоронения ТКО как на контролируемых, так и на неконтролируемых полигонах (свалках).

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)). Используемые для расчетов значения по умолчанию DOC в соответствующих отходах приведены в таблице 7.3. Изменение состава отходов во времени не учитывалось.

Постоянная реакции (k)

Постоянные реакции k для расчетов как ТКО, так и 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).

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 7.3 (для ТКО) и 7.4 (для ТПО).

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 нулю (МГЭИК, 2006). Эти значения использованы во всех расчетах выбросов.

Таблица 7.3

Усредненный морфологический состав основных органических компонентов ТКО (% по сырой массе), содержание DOC (%) и постоянная реакции k

Компонент/год	DOC	1980	1990	2000	2004	2008	2012
Бумага	27	27,2	24,7	30,0	32,5	41,5	43,5
Текстиль	32	5,3	5,7	4,3	4,3	4,0	4,0
Кости	41	1,9	1,9	1,5	1,5	1,5	1,5
Пищевые отходы	13	34,3	35,3	40,0	35,2	29,5	28,0
Дерево	41	2,1	2,3	2,2	2,2	1,5	1,5
Отсев	70	13,8	11,3	6,0	6,0	6,0	6,0
DOC (средневзвешенный)		24,8	22,7	20,4	20,4	21,8	22,1
Постоянная реакции k	-0,07	среднее значение для сухих и влажных крупногабаритных отходов (МГЭИК 2006)					

Таблица 7.4

Содержание DOC в отходах разных типов промышленности России (%) и постоянная реакции k для них

Тип промышленности	DOC	k
Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	15,0	-0,12
Текстильное и швейное производство	24,0	-0,05
Обработка древесины и производство изделий из дерева Лесное хозяйство и предоставление услуг в этой области	43,0	-0,025
Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	40,0	-0,05
Сельское хозяйство, охота и предоставление услуг в этих областях. Рыболовство, рыбоводство	20,0	-0,075
Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	40,0	-0,075
Строительство	4,0	-0,025

Рекуперация метана

Рекуперация свалочного метана с целью его обезвреживания (утилизации) на объектах захоронения отходов в России проводилась только на полигонах ТКО и в весьма ограниченных масштабах. Сбор данных о реализации таких проектов представляет значительную сложность, так как информация о них является разрозненной и неполной. Однако согласно накопленным сведениям, большая их часть была реализована только в тестовом режиме в течение года или нескольких лет, и соответственно, количество извлеченного и сожженного метана было очень незначительным. Только ряд установок проработали более долгий срок (Гурвич, 2001; Сергушкин, 2012), однако и они охватывали незначительные по площади части полигонов. Наиболее крупные проекты обезвреживания и утилизации биогаза, реализованные в России в последнее время, включают: проект рекультивации полигона в Адлерском районе Краснодарского края, биогазовую электростанцию на полигоне "Новый свет - Эко" (Власова, 2014) и систему дегазации на полигоне «Тимохово» (Мусорный газ, 2016).

На первом проекте, по информации от проектировщиков, сокращение эмиссии парниковых газов достигало максимального значения 13 тыс. тонн CO_2 -экв. в 2010 году и далее снижалось до 8 тыс. тонн CO_2 -экв. в 2016. Второй проект был запущен только в 2015 году и согласно максимальной экспертной оценке, сокращение выбросов метана в 2015 и 2016 годах могло составить около 150 тыс. тонн CO_2 -экв. в год. На полигоне "Тимохово", так же запущенном только с 2015 года, в результате реализации проекта удалось сократить выбросы метана примерно на 100 тыс. тонн CO_2 -экв. ежегодно. Таким образом, ввиду пока еще незначительности количества извлеченного биогаза согласно положениям МГЭИК (FCCC, 2003), его сбор в оценках эмиссии CH_4 от захоронения твердых отходов не учитывалось и выбросы от сжигания не рассчитывались.

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). Данные по объему организованно вывозимого 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 1990-2007 гг. получены из официальных публикаций Росстата (Росстат, 2004; Росстат, 2007), за 2007-2016 гг. – пересчетом из баз данных Росстата (ЕМИСС, 2017), с использованием национального значения для плотности ТКО (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, централизованных вывозимых на территории Республики Крым и г. Севастополь за 2014-2016 гг., включены в российскую статистику о вывозе отходов из городских населенных пунктов (таблица 7.5). Данные о вывозе ТКО с 1960 года рассчитаны исходя из данных о соотношении вывоза отходов на территории Крыма и на остальной территории России.

Количество захораниваемых ТКО рассчитывалось путем вычитания из массы централизованно вывозимого ТКО его количества, утилизированного на мусоросжигательных и компостных заводах.

Начало использования в России в промышленных масштабах технологии сжигания мусора относится к 1975 г. Суммарная годовая установленная мощность мусоросжигающих заводов в 1975-2002 гг. определялась по данным работ (Зайцев, 2004; Мирный и др., 1997; Сперанская и Цитцер, 2004). Коэффициент использования мощности мусоросжигающих заводов принят равным 0,7 на основании анализа данных, приведенных в работе (Сперанская и 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 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 (Зайцев, 2004; Мирный и др., 1997; Сперанская и Цитцер, 2004). 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 2,1-3,4% от всех централизованно вывозимых твердых коммунальных отходов. Сводные данные о вывозе, сжигании, переработке и захоронении твердых коммунальных отходов в России приводятся в таблице 7.5.

Для расчета количества ТКО, вывозимых и захораниваемых нецентрализованно (неконтролируемые неглубокие свалки), были использованы экспертные оценки, основанные на имеющихся современных данных по отдельным регионам России о проценте населения, охваченного системой централизованного вывоза отходов (Администрация, 2013; Правительство Нижегородской, 2009; Правительство Республики, 2012), а так же отчетность муниципальных образований (Росстат, 2017а). Для оценки исторического охвата населения системой вывоза и расчета количества образования отходов были использованы нормативы образования отходов потребления за разные годы (Минкоммунхоз, 1971; Министерство, 1980; Госстрой, 1989; Минрегион, 2010; Минстрой, 2016) и экспертные оценки. Согласно проведенным исследованиям, охват населения системой централизованного вывоза отходов в 1960 году составлял 17%, а после 2010 года он достиг 70%. Недостающие данные были рассчитаны путем интерполяции. Данные о нецентрализованном вывозе отходов на территории Республики Крым и г. Севастополь были рассчитаны аналогично оценке централизованного вывоза ТКО.

Таблица 7.5

*Централизованный вывоз ТКО для захоронения, сжигания
и переработки на компост, млн. т*

Год	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Централизованный вывоз ТКО	3,0	6,8	10,7	16,2	22,0	24,8	26,4	28,5	31,8	39,1
Сжигание ТКО	—	—	—	0,05	0,15	0,50	0,55	0,42	2,03	0,61
Переработка на компост	—	—	—	0,31	0,31	0,31	0,24	0,36	0,43	0,43
Захоронение на свалках и полигонах	3,00	6,80	10,70	15,84	21,54	23,99	25,61	27,75	31,01	38,14
Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Централизованный вывоз ТКО	44,0	45,8	48,0	49,4	50,6	53,7	54,8	55,2	56,0	56,4
Сжигание ТКО	0,70	1,07	1,03	0,97	0,98	0,97	0,96	0,95	0,62	0,72
Переработка на компост	0,427	0,427	0,433	0,41	0,26	0,29	0,24	0,29	0,29	0,19
Захоронение на свалках и полигонах	43,06	44,31	46,50	48,05	49,39	54,54	55,18	58,27	58,37	55,53

Таким образом, количество отходов, ежегодно захораниваемых на неконтролируемых свалках, рассчитывалось как количество жителей, не охваченных системой централизованного вывоза, умноженное на норматив образования отходов с учетом его изменения по годам. Все нецентрализованно собираемые отходы считаются размещаемыми на свалках. Итоговые данные представлены в таблице 7.6.

Таблица 7.6

Численность населения и нецентрализованный вывоз ТКО

Год	Численность населения на начало года, млн. чел. ¹⁾		Норматив обра- зования ТКО, Тонн/чел	Нецентрализованный вывоз ТКО, тыс. тонн
	Всего	Не охваченного системой централизованного вывоза		
1960	119,0	99,0	0,15	14857
1965	126,3	98,5	0,15	14770
1970	129,9	94,2	0,15	14138
1975	133,6	90,1	0,18	15768
1980	138,1	86,7	0,20	17350
1985	142,5	83,3	0,21	17081
1990	147,7	67,1	0,21	16927
1995	148,5	74,9	0,22	15906
2000	146,9	82,7	0,22	14271
2005	143,8	90,6	0,23	12171
2007	142,8	93,7	0,23	11362
2008	142,8	95,3	0,23	11032
2009	142,7	96,9	0,23	10722
2010	142,8	98,4	0,23	9989
2011	142,9	100,0	0,23	9643
2012	143,0	100,1	0,23	9656
2013	143,3	100,3	0,23	9676
2014	143,7	100,6	0,23	9698
2015	146,3	102,4	0,23	9873
2016	146,5	102,6	0,23	9892

¹⁾ Данные пересчитаны с учетом итогов всероссийских переписей населения 2002 и 2010 гг; с 2015 г. – с учетом Республики Крым и г. Севастополя

Исходные данные по ТПО

Данные статистической отчетности по объемам захоронения ТПО за 2009-2016 гг. (по типам промышленности) были предоставлены Росприроднадзором. 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). При этом, межгодовое изменение объема захоронения ТПО считалось пропорциональным межгодовым изменениям индексов. 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	38	99,6	335 614	9 327	95 792	4 990	381 809	154 590	217 725
1965	55	108,3	485 759	13 500	138 648	7 222	552 621	223 750	236 743
1970	81	134,6	722 230	20 072	206 142	10 738	821 640	332 673	294 235
1975	115	134,3	1 026 236	28 521	292 913	15 258	1 167 491	472 704	293 579
1980	141	139,5	1 256 751	34 927	358 708	18 685	1 429 734	578 884	304 947
1985	167	154,4	1 485 355	41 280	423 957	22 084	1 689 804	684 183	337 518
1990	191	164,7	1 694 075	47 081	483 531	25 188	1 927 254	780 324	360 034
1995	95	110,3	845 036	23 485	241 194	12 564	961 349	389 240	241 115
2000	100	100	888 716	24 699	253 661	13 213	1 011 041	409 360	218 600

Продолжение таблицы 7.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2005	131	112,2	1 165 443	32 390	332 646	17 328	1 325 859	536 826	245 269
2007	149	119,4	1 323 109	36 771	377 648	19 672	1 505 226	609 450	261 008
2008	150	132,3	1 331 048	36 992	379 914	19 790	1 514 258	613 106	289 207
2009	134	134,2	975 415*	27 882	350 242	22 301*	1 215 217*	555 072*	281 304
2010	144	119,0	1 609 730*	31 387*	199 854*	14 514*	1 068 517*	447 512*	237 826*
2011	151	146,4	1 577 151*	28 395*	326 452*	19 173*	1 612 498*	516 021*	390 567*
2012	156	139,4	1 376 307*	30 162*	324 333*	23 231*	1 310 894*	574 373*	1 047 075*
2013	156	147,5	1 988 437*	70 086*	468 294*	19 350*	1 553 511*	894 740*	285 088*
2014	159	152,7	1 139 856*	47 310	337 959*	28 927*	1 744 371*	711 641*	325 535*
2015	154	156,7	1 041 527*	34 533*	428 725*	11 557*	1 845 751*	587 867*	356 674*
2016	155	164,2	1 030 809*	166 312	463 313*	165 173*	1 915 980*	676 074*	360 927*

* – 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 следующих источников:

- контролируемые анаэробные полигоны ТКО и ТПО;
- неконтролируемые неглубокие свалки ТКО.

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 - 20%. 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, 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 39%, а коэффициентов и параметров - 21%.

Захоронение ТКО на неконтролируемых свалках. Неопределенность исходных данных о нецентрализованном вывозе и захоронении ТКО и ТПО была принята в 60%, так эти данные не учитываются статистикой и являются оценочными. Для значений DOC принятая неопределенность составила 20% ввиду отсутствия точных национальных данных. Для состава отходов была принята неопределенность в 60%, так как они являются данными низкого качества. Для оценки неопределенности MCF, DOC_f и F были использованы данные МГЭИК (МГЭИК, 2006) для данных по умолчанию МГЭИК. Общая неопределенность данных для оценки выбросов CH_4 от нецентрализованного вывоза и захоронения ТКО составила 85%, а коэффициентов и параметров - 42%.

Общая неопределенность. Полученная в результате расчетов общая неопределенность оценки выбросов CH_4 от захоронения отходов на контролируемых анаэробных полигонах составила 44%, а на неконтролируемых неглубоких свалках – 94%, ввиду высокой неопределенности количества захороненных отходов, не учитываемых системой Росстата.

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 ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». 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 был произведен перерасчет выбросов CH_4 для всех источников (контролируемых и неконтролируемых полигонов и свалок ТКО и ТПО) в связи с корректировкой: значения доли органического углерода, подвергающегося распаду; исторического содержания органического углерода в ТКО и подхода к оценке массы захораниваемых ТПО. Так же были внесены изменения в количество ТКО, размещаемых на неконтролируемых свалках для всего ряда лет и в количество ТКО, размещаемых на контролируемых полигонах в период 2011-2015 годов (как из-за корректировки массы сжигаемых и компостируемых ТКО, так и из-за изменений, внесенных в статистическую отчетность).

В результате изменений были пересчитаны выбросы от захоронения отходов за весь период расчета, и выбросы за 1990 год были увеличены на 9,9%, а за 2015 год – на 0,3%.

7.2.6. Планируемые усовершенствования

В дальнейшем планируется уточнение количества захороненных отходов, в том числе путем уточнения количества отходов, утилизированных другим путем; и уточнения объема захоронения неорганизованно вывозимых отходов. Будет продолжено изучение содержания органического углерода в ТКО и его изменения со временем.

7.3 Биологическая обработка твердых отходов (5.В.)

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 коммунальных 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 (IPCC, 2006 таблица 4.1).

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	1,0	0,1
2000	1,4	0,1
2005	1,7	0,1
2007	1,7	0,1
2008	1,7	0,1
2009	1,7	0,1
2010	1,7	0,1
2011	1,6	0,1
2012	1,5	0,1
2013	1,6	0,1
2014	1,1	0,1
2015	1,3	0,1
2016	1,5	0,1

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 113% (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, вы-

полнение 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 ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». 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 связи с корректировкой коэффициента выбросов N_2O для всех лет и массы компостируемых отходов в период 2011-2015 годов, были произведены соответствующие перерасчеты выбросов CH_4 для 2011-2015 годов и N_2O для всего временного ряда.

В результате изменений выбросы N_2O от компостирования отходов за 1990 год были уменьшены на 20%, а за 2015 год – на 17,6%. Выбросы CH_4 за 1990 год остались на прежнем уровне, а за 2015 год уменьшились на 14,8%.

В дальнейшем планируется продолжить уточнение количества 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 ПГ от инсинерации (сжигания) отходов.

Федеральным законом «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 Федеральным законам «Об отходах производства и потребления» (Статья 18, 89-ФЗ от 24.06.1998) и «Об охране атмосферного воздуха» (96-ФЗ 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 иски о возмещении ущерба 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 твердых коммунальных отходов;
- 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 сточных вод ЖКХ 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 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 энергопроизводящих 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, 2017)) мусоросжигательные заводы отчитываются о количестве сожженных коммунальных отходов и ила, относимых к прочим видам твердого топлива.

7.4.2 Методика оценки выбросов

Расчет выбросов от инсинерации отходов

Для выполнения расчетов выбросов CO_2 использовалась методика уровня 2 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 (МГЭИК, 2006), а N_2O – по формуле 5.5 (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 45,4-156,2 Гг, связанный с биогенной частью – в пределах 258,8-700,9 Гг. Выбросы N_2O и CH_4 в этот период не превышали 0,2 Гг/год.

Выбросы парниковых газов от сжигания осадка так же очень невелики: выброс CO_2 на протяжении 1998-2016 гг. находился в пределах 36,9-144,8 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 превышал 105 Гг/год. Ввиду значительных сложностей с получением данных о количестве сожженных открыто отходов весь объем отходов, образовавшихся от населения, не использующего централизованную систему сбора ТКО, считался захороненным на свалках. Поскольку при сжигании отходов образуются, в основном, CO_2 – газ, имеющий гораздо меньший потенциал глобального потепления чем метан, то принятый подход – условное отнесение подвергнутых открытому сжиганию отходов к захороненным обеспечивает консервативность оценки выбросов (исключает ее занижение).

Доля ископаемого (FCF) и органического (DOC) углерода

В расчетах использованы национальные данные о компонентном составе ТКО, а также об элементном составе этих компонентов, указанные в таблицах 7.3 и 7.9.

Таблица 7.9

Усредненный морфологический состав основных содержащих Сиск компонентов ТКО (% по сырой массе), и содержание С иск (%)

Компонент/год	С иск.	1990	2000	2004	2008	2012
Бумага	0,6	24,7	30,0	32,5	41,5	43,5
Текстиль	8,2	5,7	4,3	4,3	4	4
Резина	12,9	3,3	1,4	1,4	0,7	0,7
Пластик	55,2	2,8	3,8	5,5	5,5	5,0
Отсев	6,8	11,3	6,0	6,0	6	6
Прочие	2,7	1,7	2,4	2,2	8,2	1,5
Сиск. (средневзвешенный)		2,8	3,1	4,1	4,0	3,7

Коэффициент окисления углерода (OF)

Содержание в твердых коммунальных отходах ископаемого органического углерода (DOC) 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 Сиск в ТКО для периода 1990-2015 гг. рассчитывалось с учетом имеющихся данных по эволюции их фракционного состава и национальных данных о содержании DOC в этих компонентах (МГЭИК, 2006; Министерство ЖКХ РСФСР, АКХ им. Памфилова, 1989; Мирный и др., 2010; экспертная оценка).

Влажность сжигаемого осадка принята равной 74%, доля органического углерода – 0,38 (Васильев, Григорьева, 2006).

В расчетах использовано значение OF по умолчанию МГЭИК для инсинерации отходов (МГЭИК, 2006, таблица 5.2), равное 1.

Для открытого сжигания отходов в оценочном расчете было применено значение OF по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006, таблица 5.2), равное 0,58.

Коэффициенты выбросов CH_4 (EF)

Использованный в расчете эмиссии от сжигания ТКО коэффициент выбросов CH_4 основан на рекомендуемых МГЭИК значениях для печей для сжигания ТКО полунепрерывного и периодического типа. Из соображений консервативности был выбран максимальный из рекомендованных МГЭИК (МГЭИК, 2006, таблица 5.3) для разных технологий коэффициентов, равный 237. Для расчета выбросов от сжигания осадка (активного ила) использован коэффициент из данных для Японии, равный 9,7 (влажный вес) (МГЭИК, 2006).

Для открытого сжигания отходов в оценочном расчете было применено значение коэффициента выбросов CH_4 по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006), равное 6 500 г/т.

Коэффициенты выбросов N_2O (EF)

Коэффициенты выбросов для расчетов основаны на рекомендуемых данных МГЭИК для EF полунепрерывной инсинерации (МГЭИК, 2006, таблица 5.6): 60 N_2O /Гг для ТКО и 990 N_2O /Гг для осадков сточных вод (сухой вес).

Для открытого сжигания отходов в оценочном расчете было применено значение коэффициента выбросов N_2O по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006, таблица 5.6), равное 150 г/т. 60 N_2O /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 (Сперанская 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 от-

дельных заводов (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.

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) и экспертные оценки (таблица 7.6). В качестве доли количества отходов, подвергшихся открытому сжиганию, использовано значение 0,6, рекомендованное МГЭИК (МГЭИК, 2006).

Таблица 7.10

Количество сжигаемого в г. Санкт-Петербурге осадка сточных вод

Год	Количество сжигаемого осушенного осадка т/сут
1998	279,1
2000	471,5
2005	541,5
2007	363,5
2008	570,1
2009	950,1
2010	1041,1
2011	1095,1
2012	1008,4
2013	1047,0
2014	1047,0
2015	893,3
2016	916,7

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 ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». 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 связи с уточнением количества сжигаемых отходов и ила для 2011-2015 годов был произведен пересчет всех выбросов для этого периода.

Планируется дальнейшее уточнение количества сжигаемых отходов разных типов и их характеристик, 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;
- косвенных выбросов N_2O от поверхностных водных объектов.

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 стоков ЖКХ	Выброс CH_4 от очистки промышленных стоков	Косвенный выброс N_2O от стоков ЖКХ
1990	766	290	9
1995	762	129	8
2000	740	147	8
2005	736	213	8
2007	717	249	9
2008	713	250	9
2009	712	240	9
2010	714	239	9
2011	716	262	9
2012	724	269	9
2013	732	273	9
2014	734	281	9
2015	749	284	9
2016	749	293	10

Под бытовыми сточными водами в России понимаются воды, образующиеся в результате хозяйственно-бытовой деятельности населения – сточные воды жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).

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 ЖКХ 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, 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.

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 CO_2 и CH_4 , образующиеся в процессе сжигания биогаза в таких метантенках, учтены в секторе «Энергетика».

В связи с введением в действие в 1998 году в г. Санкт-Петербурге заводов по сжиганию осадка сточных вод, осадки сточных вод, собираемые на части очистных сооружений города, сжигаются. В расчетах принято, что извлекаемый ил не поступает на биологическую обработку и не участвует в процессе выделения метана от сооружений очистки сточных вод (см. раздел 7.3 Сжигание отходов).

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 (Гюнтер, Гольдфарб, 1996; Госстрой, 1985; Минрегион, 2012b). Для локальных систем очистки источниками метана являются наиболее распространенные очистные сооружения – септики. При отсутствии 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).

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, считаются не участвующими в процессе выделения метана от сточных вод, так как большая их часть изымается до процесса биологической обработки стоков. Данные о количестве таких осадков приведены в разделе 7.3. «Сжигание отходов» и 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.

Для определения численности населения, охваченного системами 1 типа, было принято допущение, что все жители городов с численностью более 100 тыс. чел. используют системы очистки сточных вод, оборудованные метантенками (Минрегион, 2012b). Данные о численности населения таких городов (таблица 7.12) получены из статистических сборников (Госкомстат, 1998, Росстат 2004а, Росстат, 2017) и писем Росстата.

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 и мощности заводов. В расчетах принято, что извлекаемый и сжигаемый осадок не поступает на биологическую обработку и не участвует в процессе выделения метана от сооружений очистки сточных вод.

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 РФ умножалась на долю городского жилищного фонда, оборудованного централизованной канализацией, доля сельского населения – на долю сельского жилищного фонда, оборудованного централизованной канализацией (таблица 7.12). Полученные результаты суммировались, затем из них вычиталась численность населения, использующая системы типа 1.

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, 2004а; Росстат, 2007) и базы данных Росстата. Данные об обеспеченности городского и сельского жилого фонда канализацией (табл. 7.12) были получены из сборников «Социальное положение и уровень жизни населения России» (Росстат, 2004b; Росстат, 2010), баз данных Росстата, или предоставлены Росстатом по запросам.

Максимальная способность образования метана W_0

Для расчетов было принято значение W_0 по умолчанию, равное 0,6 кг CH_4 /кг БПК (МГЭИК, 2006).

Поправочный коэффициент для метана (MCF)

В расчетах использованы значения MCF для разных систем очистки сточных вод (приведены в таблице 7.13), основанные на данных МГЭИК по умолчанию (табл. 6.3 МГЭИК, 2006).

Органическое загрязнение сточных вод

Образование органических загрязнений сточных вод в расчете на одного человека в день принято 60 г БПК₅/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. В соответствии с рекомендациями МГЭИК, доля БПК, удаляемая с илистыми осадками, принимается равной нулю.

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 (Мин-регион, 2012b; МГЭИК, 2006).

Таблица 7.12

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, %		Численность населения, охваченного системами разного типа, тыс. чел.			
	городского	сельского	в городской местности	в сельской местности	1 типа	2 типа	3 типа	4 типа
1990	108,8	38,9	78	14	65705	18387	6218	57390
1995	108,3	40,2	82	24	65906	22711	9837	50046
2000	107,4	39,5	84	29	64080	23007	11974	45229
2005	105,2	38,6	86	34	65997	20606	14418	40214
2007	104,7	38,1	86	35	63484	21596	14058	39448
2008	104,9	37,9	87	37	63171	22179	14609	38030
2009	104,9	37,8	87	38	63185	22361	15134	37210
2010	105,0	37,8	87	38	63442	22210	15681	36630
2011	105,4	37,4	87	39	65520	20390	15237	35972
2012	105,7	37,3	88	40	66077	19967	16362	35613
2013	106,1	37,2	88	41	66970	18071	17895	35080
2014	106,6	37,1	88 ²	43	67108	18754	18482	34191
2015	108,3	38,0	88	45	68871	19019	19643	33542
2016	108,6	37,9	88	47	69555	19404	19272	33088

¹⁾ Данные пересчитаны с учетом итогов всероссийских переписей населения 2002 и 2010 гг.; 2015-2016 гг. – с учетом Республики Крым и г. Севастополя

²⁾ Интерполяция

Таблица 7.13

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

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. 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». При проведении расчетов выбросы метана были пересчитаны в выбросы биогаза согласно его среднему составу (Воронцов, 2006). При оценке выбросов ПГ использованы коэффициенты по умолчанию МГЭИК из раздела «Энергетика» для сжигания биогаза из систем очистки сточных вод (МГЭИК, 2006). В результате выбросы CO_2 в течении рассматриваемого периода составили от 784,4 до 901,8 Гг/год (в 2015 году), а выбросы CH_4 и N_2O были менее 0,08 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.

Удаление азота с отстоем в расчете не учитывается. 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 7.14.

Масса удельного потребления протеина в пище на одного жителя

Данные о потреблении протеина на душу населения в России (табл. 7.14) получены расчетным путем на основе информации о численности населения и потреблении протеина из базы данных ФАО (ФАО, 2017). Для тех лет, когда информация отсутствовала, ряд данных ФАО по потреблению протеина был продолжен на основе оценок, выполненных с использованием данных Росстата по среднему потреблению белков в домашних хозяйствах России и численности населения (ЦБСД, 2017).

Численность населения (P)

Исходные данные по общей численности населения России (табл. 7.14) получены из данных Росстата (ЦБСД, 2017).

Доля азота в протеине (F_{NPR}), коэффициент для дополнительного протеина ($F_{\text{IND-COM}}$), коэффициент выбросов N_2O , коэффициент для непотребленного протеина ($F_{\text{NON-CON}}$)

Использованные в расчете значения по умолчанию МГЭИК для F_{NPR} , $F_{\text{NON-CON}}$, $\text{EF}_{\text{СТОК}}$ и $F_{\text{IND-COM}}$ (МГЭИК, 2006) приведены в таблице 7.15.

Таблица 7.14

Исходные данные по потреблению белков в РФ и рассчитанные величины выбросов N_2O

Год	Население (данные Росстата на 1 января)	Потребление белков в пище на одного жителя ¹⁾	Население (данные ФАО)	Потребление белков населением (данные ФАО)	Потребление белков в дом. хозяйствах (данные Росстата)
	млн. чел.	кг/чел*год	млн. чел.	г/чел*сут	г/чел*сут
1990	147,665	36,6	147,946	Н.д.	74,0
1995	148,460	32,6	148,699	88,9	61,0
2000	146,890	31,1	146,758	84,6	61,8
2005	143,801	34,3	143,843	95,0	71,2
2007	142,863	36,0	143,295	100,6	71,7
2008	142,748	36,5	143,163	99,3	72,8
2009	142,737	36,7	143,064	100,1	73,3
2010	142,833	37,0	143,161	104,6	76,6
2011	142,865	37,1	143,192	104,7	76,7
2012	143,056	37,8	143,287	103,5	77,5
2013	143,347	37,5	143,367	102,8	78,1
2014	143,667	37,6	143,429	Н.д.	77,7
2015	146,267 ²⁾	37,5 ²⁾	143,457	Н.д.	77,1
2016	146,545 ²⁾	38,6 ²⁾	143,965	Н.д.	80,0

¹⁾ для 1990-1992 и 2014-2016 гг. – расчетные оценки с использованием данных Росстата о потреблении белка в домохозяйствах России

²⁾ с учетом данных по Республике Крым и г. Севастополю

Таблица 7.15

Использованные параметры и коэффициенты для оценки выбросов N_2O

Показатель	Значение	Размерность
F_{NPR}	0,16	кг N/кг протеина
$F_{NON-CON}$	1,1	Коэффициент
$F_{IND-COM}$	1,25	Коэффициент
$EF_{СТОК}$	0,005	кг N_2O -N/кг N

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%, площади оборудованных квартир -10%, 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%. Общая неопределенность данных о работе метантенков для системы 1 оценивается в 30%. 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 32%, а коэф-

фициентов выбросов - 23%. Общая неопределенность оценки выбросов метана от бытовых стоков составила 40%.

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 ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». 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 от коммунально-бытовых стоков была уточнена методология оценки численности жителей, использующих разные системы очистки сточных вод ЖКХ, скорректирован поправочный коэффициент для выбросов метана в системах без очистки стоков (отхожих местах), а так же техническая ошибка в итоговых расчетах выбросов для 2015 года, в связи с чем был произведен перерасчет выбросов за весь период расчета. В результате изменений выбросы от коммунально-бытовых стоков за 1990 год были уменьшены на 1,3%, а за 2015 год – на 7,9%. При оценке выбросов от фекальных стоков был произведен незначительный перерасчет данных за 2015 год в связи с переоценкой данных о потреблении протеина в домашних хозяйствах за этот год. В результате изменений выбросы за 2015 год были уменьшены на 0,4%.

7.5.6 Планируемые усовершенствования

Будет продолжен сбор данных для уточнения характеристик работы систем очистки сточных вод в Российской Федерации, в том числе для возможной корректировки соотно-

шения использования различных систем очистки сточных вод и их потенциала по выделению метана.

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.

Под промышленными сточными водами в России понимаются воды, образующиеся в результате деятельности производств. Для снижения вредного воздействия стоков на окружающую среду и здоровье человека, сточные воды собирают и пропускают через специальные системы очистки. В отдельных случаях возможен сброс (в том числе несанкционированный) стоков в водные объекты без очистки.

Промышленные предприятия могут иметь свою систему очистки стоков или передавать стоки в коммунальную систему очистки (с использованием централизованных аэробных водоочистных сооружений). Системы сбора, очистки и сброса сточных вод могут отличаться на отдельных предприятиях в зависимости от доступного технического оснащения и необходимого уровня очистки стоков.

Для очистки высоко загрязненных промышленных стоков используют специализированные установки в зависимости от уровня и состава загрязнений. В систему очистки коммунальных стоков принимаются только стоки промышленных предприятий, отвечающие по их физико-химическим характеристикам правилам их приема в системы канализации соответствующих населенных пунктов.

Для очистки сточных вод применяют 3 основных метода обработки: механический, биологический (основан на способности биологических организмов разлагать загрязняющие вещества) и химический (с применением реагентов), а также их комбинации.

Сточные воды, не загрязненные в процессе производства, используются в системах производственного водоснабжения предприятия или передаются другому потребителю. Очищенные стоки могут быть переданы для вторичного использования или поступают в водные объекты, как поверхностные, так и подземные, а также фильтруются в почву.

На всех этапах очистки сточных вод возможно образования 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 (B_0)

В расчетах использовано значение B_0 по умолчанию 0,25 г CH_4 / г ХПК (МГЭИК, 2006).

Поправочный коэффициент для метана (MCF)

Ввиду отсутствия данных о конкретных применяемых системах очистки сточных вод в расчетах (кроме целлюлозно-бумажной промышленности) используется экспертное значение MCF, основанное на данных по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006) равное 0,4. Для расчетов 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 7.16.

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 7.16.

Таблица 7.16

*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	Бумажная масса и бумага	162	1 ¹⁾
Пиво и солодовые напитки	6,3	2,9	Мыло и моющие средства	3	0,8
Молочная продукция	7	2,7	Производство крахмала	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)

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.

Данные о деятельности производства

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, 2004а; Росстат, 2012) и базы данных Росстата, и представлены в таблице 7.17.

Количество рекуперированного метана (R)

Принимаемое значение R равно нулю.

Таблица 7.17

Объем выпуска отдельных видов промышленной продукции

Продукция	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Производство крахмала</i>														
Крахмал сухой/крахмалы, кроме модифицированных (с 2010 г.), тыс. т	179,0	34,2	44,7	97,6	123,0	131,0	139,0	147,0	160,7	174,4	174,2	199,5	213,4	228,6
<i>Производство алкоголя</i>														
Спирт этиловый из пищевого сырья ¹⁾ тыс. дкл	77047	46026	62420	71837	56067	46410	44723	42420	38440	48338	46173	40053	42378	46485
<i>Пивоварение</i>														
Пиво/ Пиво, кроме отходов пивоварения (с 2010 г.), млн. дкл	336	213	516	910	1147	1140	1091	984	994	974 ²⁾	888 ²⁾	823 ²⁾	780 ²⁾	783 ²⁾
в пересчете на тыс.т	3360	2130	5160	9100	11470	11400	10910	9840	9940	9750	8890	8240	7800	7830
<i>Молочная продукция</i>														
Цельномолочная продукция (в пересчете на молоко), млн. т	20,8	5,6	6,2	9,7	10,5	10,3	10,9	10,9	10,7	11,3	11,5	11,5	11,7	11,9
Сыры жирные (включая брынзу)/ Сыры и продукты сырные (с 2009 г.), тыс. т	458	218	221	378	437	430	442	437	432	451	435	499	589	605
Масло животное/ Масло сливочное и пасты масляные (с 2010 г.), тыс. т	833	421	267	254	272	272	230	212	219	216	227	253	258	253
Итого, в пересчете на тыс. т	22091	6239	6688	10332	11209	11002	11572	11549	11967	11967	12162	12252	12547	12758
<i>Рыбопереработка</i>														
Товарная пищевая рыбная продукция, включая консервы рыбные/ Рыба и продукты рыбные переработанные и консервированные (с 2010 г.), млн т	4,3	2,4	3,0	3,4	3,8	3,7	3,9	3,6	3,6	3,7	3,8	3,7	3,8	4,0
в пересчете на тыс. т	4300	2400	3000	3400	3800	3700	3900	3600	3628	3700	3788	3725	3829	4029

Продолжение таблицы 7.17

Продукция	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Переработка мяса и птицы</i>														
Мясо, включая субпродукты 1 категории/ Мясо и субпродукты пищевые убойных животных и домашней птицы (с 2010 г.), тыс. т	6484	2370	1194	1857	2561	2899	3380	3957	4250	4747	5321	5971	6631	7060
Колбасные изделия/Изделия колбасные (с 2010 г.), тыс. т	2283	1293	1052	2014	2411	2454	2238	2439	2486	2533	2502	2475	2445	2436
Мясные полуфабрикаты /Полуфабрикаты мясные (мясосодержащие) охлажденные, подмороженные и замороженные (с 2010 г.), тыс. т	1075	268	244	987	1254	1451	1538	1624	1934	2254	2504	2736	2912	3073
Консервы мясные и мясорастительные /Консервы мясные (мясосодержащие) и мясорастительные (с 2010 г.), млн. условных банок	545	348	508	674	675	718	732	671	652	690	693	746	649	601
Итого, в пересчете на тыс. т	10034	4054	2669	5096	6464	7057	7414	8257	9000	9757	10527	26334	22909	12781
<i>Краски</i>														
Лакокрасочные материалы/ Материалы лакокрасочные и аналогичные для нанесения покрытий, краски и мастики полиграфические (с 2010 г.), тыс. т	2338	579	575	721	991	959	811	1076	1136	1188	1253	1281	1215	1327
<i>Нефтепереработка</i>														
Первичная переработка нефти, млн.т/год	298	182	173	208	229	237	237	250	258	271	281	295	287	285
Итого, в пересчете на тыс.т	297815	182278	172963	207746	228913	236789	237278	249859	258204	271552	280625	295089	287483	285347

Продолжение таблицы 7.17

Продукция	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Пластмассы и смолы</i>														
Синтетические смолы и пластические массы/ Пластмассы в первичных формах (с 2010 г.), тыс. т	3258	1804	2576	3418	4464	4375	4649	4963	5436	5517	6435	6643	7267	7597
<i>Целлюлоза и бумага</i>														
Бумага, тыс. т	5240	2773	3326	4001	4084	4007	3937	4688	4784	4782	4765	5051	5073	5274
Картон, включая бумагу для гофрирования/ Картон (с 2010 г.), тыс. т	3085	1301	1985	3125	3498	3696	3458	2971	2847	3032	3022	3099	3121	3366
Итого, тыс. т	8325	4074	5311	7126	7582	7703	7395	7659	7631	7814	7787	8150	8194	8640
<i>Очистка сахара</i>														
Сахар-песок/ Сахар белый свекловичный в твердом состоянии (с 2010 г.), тыс. т	3758	3155	6077	5600	6112	5873	5023	2782	4753	4877	4468	4607	5135	5794
Сахар-рафинад/ Сахар белый тростниковый в твердом состоянии (с 2010 г.), тыс. т	1077	126	70,8	42,9	56,6	64,2	64,2	1969	2371	445	491	642	608	251
Итого, тыс. т	4835	3281	6148	5643	6169	5937	5087	4750	7124	5322	4959	5249	5743	6045
<i>Растительные масла</i>														
Масла растительные/ Масла растительные нерафинированные, включая кукурузное (с 2010 г.), тыс. т	1159	802	1375	2200	2735	2485	3271	3091	3073	4192	3940	4981	4660	5199
<i>Овощи, фрукты и соки</i>														
Картофель переработанный и консервированный (продукты из картофеля), тыс. т	0,25	3,72	7,85	22,46	93,22	109,06	106,26	119,00	133,00	163,00	187,00	147,00	159,00	163

Продолжение таблицы 7.17

Продукция	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Овощи свежемороженые/ Флодоовощная продукция замороженная, тыс. т	3,30	0,60	1,10	11,61	17,42	14,00	20,26	24,50	38,42	40,20	45,30	45,80	55,40	71,7
Консервы плодoвoвoщные (включая напитки, нектары и соки), млн.условных банок	4449	1014	1636	7123	10461	10353	9441	10285	9996	10389	10507	10728	10081	9782
Итого, в пересчете на тыс. т	1574,0	362,3	586,5	2548,5	3803,4	3777,7	3459,2	2601,4	3700,0	3870,5	3941,3	3979,8	3773,0	3677,5
<i>Вина и уксус</i>														
Вина виноградные/Вина – всего (с 2010 г.), млн. дкл	75,7	15,2	24,1	31,7	51,3	50,3	50,1	79,1	73,6	64,7	67,8 ³⁾	73,5 ³⁾	85,1 ³⁾	88,7 ³⁾
Вина плодовые/Вина пло- вые специальные и столовые, кроме сидра (из вин – всего, с 2010 г.), млн. дкл	0,0	7,6	2,8	3,0	3,4	3,9	4,2							
Вина шампанские и игри- стые/Вина игристые и газиро- ванные (из вин – всего, с 2010 г.), млн. дкл	8,3	8,2	6,8	14,1	21,6	20,8	19,4							
Итого, в пересчете на тыс. т	840	310	337	488	763	750	737	791	736	647	678	735	851	851
<i>Мыла и моющие средства</i>														
Синтетические моющие сред- ства/Средства моющие (с 2010 г.), тыс. т/год	876	334	436	714	807	892	844	1527	1560	1483	1534	1543	1566	1646

¹⁾ С 2010г. – спирт этиловый ректифицированный из пищевого сырья

²⁾ С 2012 г. включая напитки, изготавливаемые на основе пива (пивные напитки)

³⁾ С 2013г. – винодельческая продукция

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 ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». 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 2015 года в связи с изменениями, внесенными в статистическую отчетность, однако итоговые выбросы практически не изменились.

7.6.6 Планируемые усовершенствования

В дальнейшем планируется продолжать сбор более подробных данных о применяемых технологиях очистки сточных вод в разных отраслях промышленности и данных о деятельности предприятий. Так же 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 Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК, 2006; IPCC, 2014) в настоящем кадастре были произведены усовершенствования и пересчеты. При этом осуществлялись соответствующие процедуры управления качеством и контроля качества.

Ввиду того, что работа Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению над отчетом о техническом рассмотрении предыдущего представленного Российской Федерацией кадастра еще не была завершена в период разработки настоящего кадастра, разработчиками были учтены лишь предварительные выводы Группы экспертов, с которыми российская сторона была ознакомлена в соответствии с решением 13/CP.20 Конференции Сторон РКИК ООН. Полностью выводы Группы экспертов будут учтены при разработке следующих ежегодных кадастров.

Некоторые из выполненных пересчетов связаны с использованием более полных или уточненных данных об экономической и иной деятельности, приводящей к антропогенным выбросам или абсорбции парниковых газов, другие были вызваны причинами методического характера.

Были также исправлены некоторые 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 секторам информация о пересчетах приведена в разделах 3-7 настоящего доклада. Наиболее существенным из осуществленных усовершенствований является включение в кадастр впервые выполненных оценок выбросов NF_3 .

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 видно из таблицы 9.1 влияние пересчетов на уровень выбросов отсутствует или невелико для базового года (это относится как к совокупному выбросу, так и к выбросам отдельных газов, за исключением CH_4 и N_2O , для которых влияние пересчетов можно охарактеризовать как умеренное). Для последнего года временного ряда, для которого производились пересчеты, их влияние на уровень совокупного выброса можно охарактеризовать как умеренное, для SF_6 , NF_3 и совокупного выброса без учета ЗИЗЛХ - небольшое.

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 текущей версии кадастра (таблицы ОФД) с последней официальной версией кадастра, представленного Российской Федерацией в РКИК ООН в предыдущем году. В целом, влияние пересчетов на общую величину тренда как умеренное и для тренда, рассчитанного с учетом сектора ЗИЗЛХ, и для тренда, рассчитанного без его учета. Влияния произведенных пересчетов на согласованность временных рядов обнаружено не было.

Таблица 9.1

*Изменение величины выбросов парниковых газов
в результате выполнения пересчетов (%)*

Парниковый газ	Год			
	1990		2015	
	Влияние на выброс без учета ЗИЗЛХ	Влияние на выброс с учетом ЗИЗЛХ	Влияние на выброс без учета ЗИЗЛХ	Влияние на выброс с учетом ЗИЗЛХ
CO ₂	-0,87	-0,83	-5,03	-8,16
CH ₄	-2,16	-2,11	-2,98	-2,90
N ₂ O	2,86	2,71	2,84	2,44
Гидрофторуглероды (ГФУ)	0,00	0,00	5,32	5,32
Перфторуглероды (ПФУ)	-0,11	-0,11	-2,26	-2,26
Гексафторид серы (SF ₆)	0,14	0,14	-0,74	-0,74
Трифторид азота (NF ₃)	0,00	0,00	0,11	0,11
Совокупный выброс всех парниковых газов	-0,89	-0,94	-0,80	-4,94

Таблица 9.2

*Изменение тренда выбросов парниковых газов
в результате выполнения пересчетов (%)*

	Период
	1990 – 2015
Без учета ЗИЗЛХ	-1,08
С учетом ЗИЗЛХ	-3,81

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. Учет таких рекомендаций и связанные с ним усовершенствования и пересчеты будут осуществляться при подготовке последующих национальных кадастров.

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 2006г., в соответствии с требованиями Киотского протокола были созданы российская система оценки антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов²⁵ и российский реестр углеродных единиц²⁶. Описание системы оценки содержится в разделе 1 настоящего доклада.

В 2017г., с целью учета новых требований руководящих документов РКИК ООН и использования накопившегося за время функционирования системы оценки опыта, распоряжением Правительства Российской Федерации²⁷ 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 данных о процессах и видах деятельности, в результате которых происходят антропогенные выбросы из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, а также информации о методах их сбора и обработки;
- осуществлять согласование кадастра в течение 30 дней со дня его поступления из Росгидромета;

Росгидромету поручено:

- согласование кадастра с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти;
- осуществление обработки представляемых информации и данных в соответствии с методиками для оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями 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;
- осуществления 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, привлекать к работе специалистов других федеральных органов исполнительной власти и организаций по согласованию;

²⁵ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 1 марта 2006 г. № 278-р.

²⁶ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 февраля 2006 г. № 215-р.

²⁷ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 15 мая 2017 года N 930-р

10. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола

- обеспечивать 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 каждый год.

Минприроды России поручено осуществлять рассмотрение согласованного федеральными органами исполнительной власти кадастра в течение 20 дней со дня его поступления из Росгидромета.

Также, Минприроды России, по согласованию с Минпромторгом России, Минэнерго России, Минтранс России, Росстатом, Росреестром и ФТС России должно утвердить порядок подготовки кадастра, его структуру, а также перечень информации и данных, представляемых федеральными органами исполнительной власти. В настоящее время порядок подготовки кадастра находится на финальной стадии согласования.

Внесенные в систему оценки изменения направлены на повышение ее эффективности и на обеспечение своевременной разработки кадастров, национальных сообщений и двухгодичных докладов Российской Федерации.

10.2 Информация о деятельности российского реестра углеродных единиц в 2016 году

В связи с тем, что во втором периоде действия Киотского протокола Российская Федерация не имеет обязательств по сокращению или ограничению выбросов парниковых газов и не использует механизмы гибкости Киотского протокола, российский реестр углеродных единиц был, по запросу Российской Федерации, отключен от Международного регистрационного журнала операций 30 декабря 2015 г.

Таблицы с информацией о содержащихся в реестре на 2017 год единицах приведены в приложении 5 настоящего доклада. Информация о деятельности реестра за 2008-2015 гг. была включена в предыдущие национальные доклады о кадастре.

10.3 Дополнительная информация о деятельности в области землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства согласно статьям 3.3 и 3.4

10.3.1. Общая информация

10.3.1.1 Определение леса

В Национальном докладе об установленном количестве выбросов Российской Федерации (2008) установлено, что лес – сообщество деревьев и кустарников, которое в возрасте спелости имеет минимальную полноту 0,3 (эквивалент сомкнутости крон 18%), минимальную высоту деревьев 5,0 м, минимальную площадь 1,0 га и минимальную ширину 20,0 м (табл. 10.1).

На основе этого определения представляются отчетные данные о выбросах парниковых газов в части осуществления антропогенной деятельности согласно пунктам 3 и 4 статьи 3 Киотского протокола.

В отчетности по пункту 4 статьи 3 Киотского протокола исключены земли, покрытые кустарниковой растительностью, поскольку они не соответствуют принятому определению леса. С этим связано отличие оценок стоков и выбросов парниковых газов по киотской отчетности от результатов, приведенных в разделе 6 национального доклада Российской Федерации о кадастре парниковых газов.

Таблица 10.1

Выбранные Российской Федерацией значения параметров для определения понятия «лес» для отчетности по статьям 3.3. и 3.4 Киотского протокола

Параметр	Рекомендованный диапазон	Выбранное значение
Минимальная площадь	0,05-1 га	1 га
Минимальная сомкнутость крон	10-30%	18%
Минимальная высота	2-5 м	5 м

10.3.1.2 Избранные виды деятельности согласно статье 3.4

Отчетность по пункту 4 статьи 3 Киотского протокола Российской Федерацией включает один вид деятельности – управление лесным хозяйством. Российская Федерация проводит учет данных об антропогенных выбросах и абсорбции парниковых газов в результате управления лесным хозяйством (пункт 4 статьи 3 Киотского протокола) на ежегодной основе.

10.3.1.3 Описание того, как определение каждого вида деятельности согласно статье 3.3 и каждого выбранного вида деятельности согласно статье 3.4 применялись и использовались на последовательной основе с течением времени

Облесение – прямая антропогенная конверсия земли, которая не была покрыта лесом, по крайней мере, в течение 50 лет, в лесные земли путем посева семян, посадкой сеянцев или естественным путем. Понятию «облесение» в отечественной практике соответствует защитное лесоразведение на землях сельскохозяйственного назначения. 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. При защитном лесоразведении создаются лесные насаждения различных типов на землях, в течение долгого времени имевших сельскохозяйственное назначение и, как правило, располагающихся в малолесных и нелесных природных зонах (лесостепная, степная, полупустынная).

Правила лесоразведения утверждены приказом МПР РФ от 8 июня 2007 № 149. Согласно этим правилам процесс создания и выращивания лесных насаждений в целях лесоразведения включает:

- определение местоположения и площади земельных участков, предназначенных для лесоразведения;
- предварительную подготовку земельного участка для последующего выполнения работ по созданию лесных насаждений;
- обработку почвы;
- определение оптимального состава древесных и кустарниковых пород в создаваемых лесных насаждениях, размещения и количества посадочных или посевных мест;
- посадку или посев древесных и кустарниковых растений;
- уход за высаженными растениями или их всходами (при посеве).

Уход за высаженными лесными растениями или их всходами (при посеве) осуществляется агротехническими (агротехнический уход) и лесоводственными способами (лесоводственный уход). Агротехнический уход осуществляется, как правило, до смыкания крон деревьев и кустарников и обеспечивается путем:

- ручной оправки растений от завала травой и почвой, заноса песком, размыва и выдувания почвы, выжимания морозом;
- рыхления почвы с одновременным механическим уничтожением травянистой растительности;
- уничтожения травянистой растительности химическими средствами;
- дополнения (посадки деревьев вместо погибших растений).

Работы по облесению считаются завершенными, если созданные лесные насаждения соответствуют критериям, установленным проектом лесоразведения.

Обезлесение – прямая антропогенная деятельность человека по преобразованию лесов в обезлесенные участки. Обезлесение в РФ соответствует деятельности по переводу лесных земель в нелесные или по изъятию земель из состава лесного фонда, сопровождающуюся 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 в целях освоения месторождений полезных ископаемых, строительства промышленных объектов и других зданий и сооружений, прокладки линий электропередач, трубопроводов и другой деятельности. При оценке пло-

10. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола

щадей обезлесения были использованы статистические данные о строительстве объектов инфраструктуры, предоставленные Росстатом.

Согласно решению 16/СМР.1, лесовозобновление определяется как непосредственная антропогенная деятельность по преобразованию в леса (теми же методами, что и при облесении) участков земель, которые ранее были лесами, но затем были преобразованы в безлесные, и на них не было леса по состоянию на 31 декабря 1989 года. Лесовозобновление следует рассматривать как деятельность по конверсии прочих категорий земель в лесной фонд и по переводу земель в пределах лесного фонда из нелесных в лесные начиная с 1990 года. Деятельность по переводу в лесной фонд осуществляется по отношению к сельскохозяйственным землям, вышедшим из оборота и расположенным в лесных природных зонах, землям, подвергающимся лесной рекультивации после истощения запасов добываемых полезных ископаемых и т. д. Как правило, на землях, передаваемых в лесной фонд уже произошло возобновление за счет естественного зарастания безлесных угодий мелколиственными породами. Кроме того, лесовосстановление осуществляют при помощи посева или посадки. Меры искусственного лесовосстановления в некоторых случаях применяются к нелесным землям лесного фонда, после чего эти площади переводятся в лесные земли. В настоящем национальном докладе о кадастре парниковых газов лесовозобновление включено в отчетность по лесопользованию.

Управление лесным хозяйством – это ведение лесного хозяйства и использование лесов и лесных земель с целью сохранения их биологического разнообразия, продуктивности, способности к восстановлению, жизнеспособности и возможности выполнять в настоящем и будущем важные экологические, экономические и социальные функции. Лесопользование составляет цельную систему взаимосвязанных организационно-хозяйственных мероприятий по обеспечению устойчивого и неистощительного пользования лесными ресурсами.

В рамках управления лесами проводятся следующие мероприятия:

- планируются и осуществляются регулярный учет, количественная оценка и анализ состояния, пространственно-временной и ресурсной динамики лесного фонда;
- выполняются лесовосстановительные мероприятия и уход за лесом;
- осуществляется охрана и защита лесов от пожаров и прочих причин гибели лесных насаждений;
- определяется оптимальный размер лесозаготовок (расчетная лесосека);
- производятся рубки главного и промежуточного пользования, заготовки недревесного сырья и другой лесной продукции.

Как управляемые леса, охваченные пунктом 4 статьи 3 Киотского протокола, дифференцируются от остальных лесов в статистике земель. Российская Федерация, добровольно выбравшая лесопользование в рамках пункта 4 статьи 3 Киотского протокола, определила площадь управляемых лесов (начиная с 1990 года), исключая площади, охваченные пунктом 3 статьи 3 Киотского протокола, а также учитывает все изменения запасов углерода в управляемых лесах, включая вызванные естественными нарушениями (лесными пожарами, вредными насекомыми и болезнями леса и т.д.).

Подходы к выделению управляемых лесов рассматривались на функционировавшей в 2004-2005 гг. Рабочей группе Рослесхоза по системе учета эмиссии и абсорбции парниковых газов в лесах в рамках Киотского протокола. Согласно решению рабочей группы Рослесхоза, в состав управляемых лесов не включаются резервные леса. Практическое выделение управляемых лесов осуществлено по данным последовательных государственных учетов лесного фонда 1988, 1993, 1998-2007 гг. и государственного лесного реестра 2008-2016 гг., в которых отдельно для защитных, эксплуатационных и резервных лесов приведены статистические данные по площадям лесных земель, включающих покрытые и непокрытые лесной растительностью территории, площадям нелесных земель, площадям и запасам лесных насаждений по преобладающим породам и группам возраста. Из отчетности по пункту 4 статьи 3 Киотского протокола исключена кустарниковая растительность, которая не отвечает национальному определению леса.

Исходными данными для представления отчетности по пунктам 3 и 4 статьи 3 Киотского протокола является ежегодная статистическая отчетность, предоставляемая Федеральным агентством лесного хозяйства РФ (Рослесхозом).

10.3.1.4 Описание существовавших ранее условий и/или иерархии между различными видами деятельности согласно статье 3.4, а также как они последовательно применялись при классификации земель

Во время действия первого периода обязательств Киотского протокола Российская Федерация должна представлять информацию о выбросах и поглощении парниковых газов на участках земель, на которых осуществляется управление лесным хозяйством, начиная с 1990 года. К таким участкам земель относятся:

- Участки лесного фонда, покрытые лесной растительностью различной полноты, ярусности и породного состава;
- Молодняки естественного происхождения и лесные культуры в составе лесного фонда, которые пока не достигли минимальных величин полноты и сомкнутости крон, но достигнут их в возрасте спелости;
- Временно непокрытые лесной растительностью вследствие антропогенного воздействия и/или естественных причин участки лесного фонда, предназначенные для выращивания леса, на которых будет осуществлено лесовосстановление;
- Леса национальных парков, природных заказников и других охраняемых территорий, имеющие особо важное научное, историческое или культурное значение.

Участки земель территории Российской Федерации, на которых осуществляется управление лесным хозяйством (управляемые леса) определяются на основе постоянной инвентаризации лесного фонда и земель, не входящих в лесной фонд. Инвентаризация лесного фонда и земель, не входящих в лесной фонд, выполняется регулярно с применением комплекса наземных и дистанционных методов. Все участки земель имеют географическую (геодезическую) привязку. При осуществлении инвентаризаций используются данные Федерального агентства лесного хозяйства, Федерального агентства кадастра объектов недвижимости, других федеральных органов исполнительной власти и организаций. Регулярно получаемая на основе данных инвентаризации информация о пространственных и временных изменениях позволяет последовательно и в полной мере проследить изменения, произошедшие в управляемых лесах и на других участках земель с 1990 года по настоящее время. Используемые Российской Федерацией методы идентификации участков земель и оценки происходящих на них выбросов и абсорбции парниковых газов для подготовки и представления отчетности по пунктам 3 и 4 статьи 3 Киотского протокола соответствуют сочетанию подходов 2 и 3, предлагаемому Руководящими принципами МГЭИК (МГЭИК, 2006).

В качестве основных критериев идентификации участков земель, на которых осуществляются выбранные виды деятельности, используются критерии выделения управляемых лесов, которые включают:

- Обеспеченность данными государственных учётов, основанных на материалах лесоустройства;
- Уровень охраны и защиты лесов, обеспечивающий стабилизацию и снижение площадей гарей и погибших насаждений;
- Уровень хозяйственной деятельности в лесах, обеспечивающий наличие антропогенных стоков парниковых газов.

Из категории управляемых исключаются резервные леса. Критериям управляемых лесов соответствует значительная часть территории лесного фонда. В 2016 г. площадь управляемых лесных земель (без учета кустарников) лесного фонда составила 619,7 млн. га или 69,1% лесных земель страны. Действующая система учета лесного фонда России обеспечивает полную пространственно-временную идентификацию всех участков управляемых лесов с указанием вида осуществляемой в них хозяйственной деятельности. Помимо земель лесного фонда к управляемым отнесены лесные земли особо охраняемых природных территорий и земли обороны и безопасности.

10. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола

Основой для составления международной отчетности по антропогенным выбросам и абсорбции парниковых газов в результате управления лесным хозяйством являются материалы государственных учетов лесного фонда и статистические данные по объемам различных видов лесохозяйственной деятельности.

С 1998г. база данных государственных учетов лесного фонда (с 2008г. – государственный лесной реестр) обновляется ежегодно, что обеспечивает возможность ежегодного формирования отчетности по выбросам и абсорбции парниковых газов. Ежегодный порядок представления данных по сектору лесного хозяйства реализован в Национальном кадастре антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов по РКИК ООН и будет сохранен для отчетности в рамках Киотского протокола.

10.3.2 Информация, касающаяся земель

10.3.2.1 Единица пространственной оценки, использовавшаяся для определения площади земельных единиц согласно статье 3.3 (в соответствии с пунктом 3 приложения к проекту решения СМР.1 «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство», прилагаемого к решению 11/СР.7)

В нормативах лесохозяйственной деятельности (Рослесхоз, 1995а) (Табл. 2) минимальная площадь выдела для покрытых лесом земель при наземном лесоустройстве устанавливается равной 1 гектару (га). Указанное значение соответствует пределам величины площади участков земель, установленным решением 16/СМР.1. Для обеспечения согласованности национальной практики организации и осуществления лесного хозяйства и требований представления отчетности по пунктам 3 и 4 статьи 3 Киотского протокола, минимальное значение площади леса в отчетных материалах Российской Федерации устанавливается равным 1 га. Величина 1 га включается в национальное определение леса.

Определение площади облесения, лесовосстановления и обезлесения проводится с точностью до 1 гектара. Вся информация, собираемая на локальном уровне, имеет пространственную привязку и собирается в специальные статистические формы. Для отчетности по пунктам 3 и 4 статьи 3 Киотского протокола используется обобщенная информация, предоставляемая Рослесхозом по субъектам Российской Федерации.

Единицы территории, на которых осуществляется деятельность согласно пункту 3 статьи 3 и которые в ином случае были бы включены в земли, на которых осуществляются избранные виды деятельности согласно пункту 4 статьи 3, отсутствуют в связи с четким разграничением площадей облесения, обезлесения и лесопользования. Облесение осуществляется на землях сельскохозяйственного назначения, лесопользование проводится на землях лесного фонда, таким образом, единицы разобщены территориально. Обезлесение происходит на землях лесного фонда, но при этом оценивается по сведениям о динамике объектов инфраструктуры, в то время как оценка лесопользования производится по сведениям инвентаризации лесов на землях, остающихся лесными землями, таким образом, единицы территории разобщены информационно и методически. Выбор исходных данных для каждого вида деятельности осуществляется из различных статистических форм (см. разделы 7.3, 7.4.1.2, 7.4.5.2, 10.3.2.2 и 10.3.2.3 настоящего доклада). Таким образом, выполняется требование пункта 8 приложения к решению 16/СМР.1 не учитывать выбросы из источников и абсорбцию поглотителями в результате этих видов деятельности согласно пункту 4 статьи 3, если они уже учитываются согласно пункту 3 статьи 3.

10.3.2.2 Методология, использованная для разработки матрицы преобразования земель для отчетности о деятельности по пунктам 3 и 4 статьи 3 Киотского протокола

Для разработки матрицы преобразования земель использованы статистические данные, предоставляемые Федеральной службой государственной регистрации кадастра и картографии Минэкономразвития (Росреестр) и Федеральным агентством лесного хозяйства РФ с учетом Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006).

При формировании матрицы преобразования земель на территории РФ за период с 1990 по 2016 гг. на основе доступных данных и информации, содержащейся в отчетах Росреестра и Рослесхоза, учитывалось, что:

- из состава кормовых угодий (сенокосы и пастбища) ежегодно выбывают площади в неуправляемые лесные угодья при их естественном зарастании кустарниками и мелколиственными видами деревьев;
- по данным Рослесхоза площадь управляемых лесных земель увеличивается за счет перевода лесов, принадлежащих ранее другим ведомствам и 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;
- значительные площади угодий переводятся из или в категорию других земель (в соответствии с классификацией МГЭИК). По данным Росреестра проводится перевод лесных земель для строительства трубопроводов и другое строительство (Роснедвижимость, 2009; Росреестр, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017).
- все работы по облесению ведутся на бывших пахотных угодьях (по данным Рослесхоза);
- из отчетности по обезлесению и управлению лесным хозяйством исключается кустарниковая растительность, которая не соответствует определению леса.

На основании этих допущений составлены матрицы преобразования земель, представленные в таблице NIR-2 ОФД.

10.3.2.3 Карты и/или база данных для определения географического местоположения и система идентификационных кодов для определения географического местоположения

Дополнительная информация о деятельности в области землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства согласно статье 3.3 и 3.4, подлежащей включению в приложение к национальному докладу о кадастре, представляется по федеральным округам и субъектам Российской Федерации. Уполномоченные органы исполнительной власти субъектов РФ в области лесных отношений владеют подробной информацией по географическому местоположению участков, на которых происходит облесение, лесовосстановление, обезлесение и лесоуправление (рис. 10.1, 10.2).

Внешние границы участков лесного фонда, границы кварталов и таксационных выделов имеют четкую географическую привязку к топографическим картам. Каждое лесничество имеет детальную карту лесных земель с делением территории по целевому назначению лесов (защитные, эксплуатационные и резервные) и по категориям защитности. Территория лесничеств разбита на кварталы, ограниченные квартальными просеками. В ходе лесоустроительных работ в пределах квартала выделяются таксационные выделы. 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 – соотношение образующих насаждение древесных пород; среднюю высоту и средний диаметр древостоя, возраст древостоя, класс бонитета, полноту, запас древесины, класс товарности, тип леса или группу типов леса, наличие подроста и подлеска, напочвенный покров, информация о назначении и выполнении конкретных лесохозяйственных мероприятий (создание культур, различные виды рубок с указанием объема вырубаемой древесины и др.).

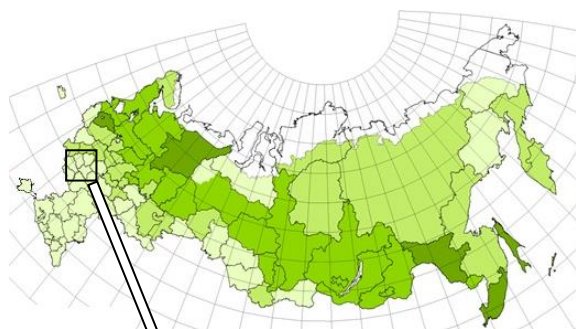
10.3.3 Информация о конкретных видах деятельности

10.3.3.1 Методы оценки изменений в накоплении углерода, выбросов и абсорбции парниковых газов

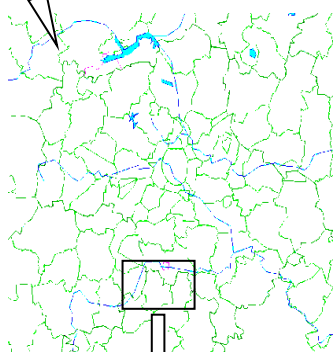
10.3.3.1.1 Облесение

Методы оценки изменений в накоплении углерода, выбросов и абсорбции парниковых газов при облесении подробно рассмотрены в разделе 6.4.1.2.2 настоящего доклада.

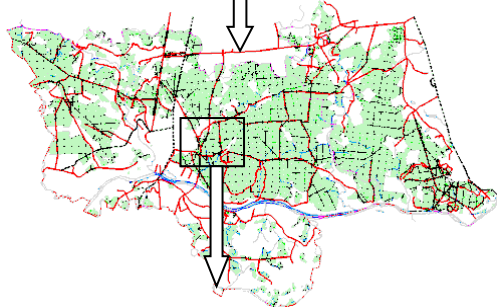
10. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола



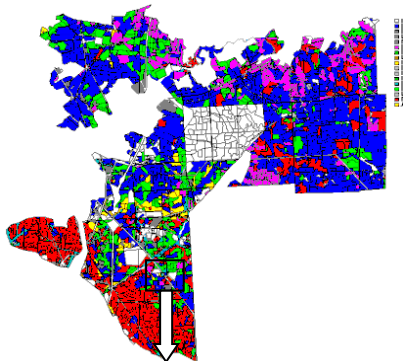
Российская Федерация



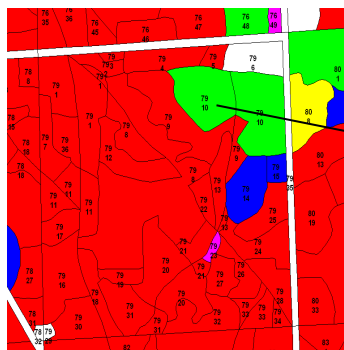
Субъект РФ – Московская область



Лесничество «Русский лес»

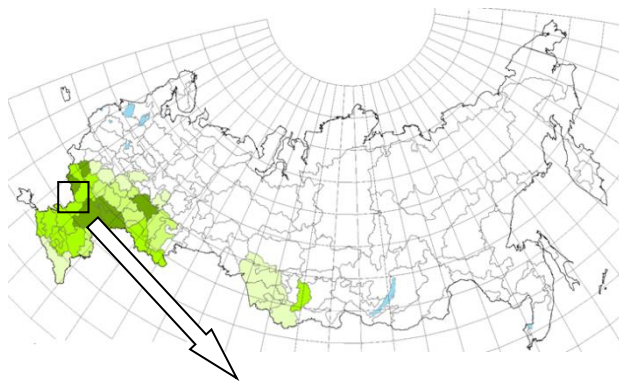


Участковое лесничество «Данковское»



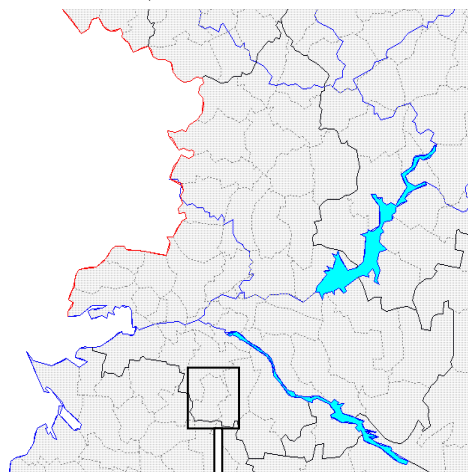
Квартал № 79, выдел № 10: площадь, состав древостоев, возраст, бонитет, запас древесины и другие таксационные показатели; информация о проведении рубок и создании лесных культур; информация о пожарах и иных нарушениях

Рисунок 10.1 – Схема идентификации географического местоположения участка управляемых лесов



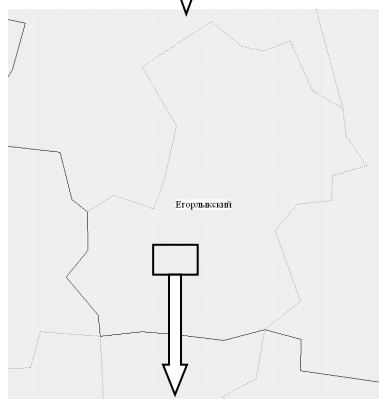
Российская Федерация:

компиляция ежегодной формы статистической отчетности в дифференциации по субъектам РФ



Субъект РФ – Ростовская область:

интеграция сведений по административным районам, предоставление данных на национальный уровень



Егорлыкский район:

интеграция сведений по осуществленным работам в границах района, предоставление сведений на областной уровень



Егорлыкское сельское поселение, станция Егорлыкская:

осуществление работ по созданию и уходу за полевосащитными полосами

Рисунок 10.2 – Схема идентификации географического местоположения участка облесения (на примере полевосащитных лесных полос Ростовской области)

10. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола

10.3.3.1.2 Лесовозобновление

Деятельность по переводу в лесной фонд осуществляется по отношению к сельскохозяйственным землям, вышедшим из оборота и расположенным в лесных природных зонах, землям, подвергающимся лесной рекультивации после истощения запасов добываемых полезных ископаемых и во многих других случаях, связанных с прекращением исходных видов пользования. Как правило, на землях, передаваемых в лесной фонд, обычно лесовосстановление происходит естественным путем за счет естественного возобновления мелколиственных пород, а также при помощи посева или посадки.

В Рослесхозе собирается детальная статистическая информация по лесовосстановительным мероприятиям, осуществляемым в лесном фонде. Эти материалы публикуются в государственных докладах, о состоянии и использовании лесных ресурсов (Рослесхоз, 2006, 2007), сборниках «Лесной фонд России» (Рослесхоз, 1995b, 1999, 2003). К сожалению, перечисленные выше источники информации не могут быть использованы для оценки деятельности по лесовозобновлению в трактовке Киотского протокола. Лесовосстановление осуществляется в основном на непокрытых лесом лесных землях лесного фонда (гари, вырубки, погибшие насаждения), и таким образом является частью лесоправления, которое, в свою очередь, учитывается в рамках пункта 4 статьи 3 Киотского протокола.

10.3.3.1.3 Обезлесение

В Российской Федерации 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 в целях освоения месторождений полезных ископаемых, прокладки линий электропередач, трубопроводов и другой деятельности. Методы оценки потерь углерода при обезлесении подробно рассмотрены в разделе 6.4.5.2 настоящего доклада. В рамках отчетности по статье 3.3 Киотского протокола из общей площади перевода покрытых лесной растительностью земель в нелесные земли исключается кустарниковая растительность, которая не соответствует определению леса (см. раздел 10.3.1.1).

Для расчета потерь углерода при обезлесении были использованы значения площадей, представленные в таблицах 6.76 и 6.77 (без учета кустарников), а также средние значения запасов углерода по пулам (таблица 6.78).

10.3.3.1.4 Управление лесным хозяйством

Методы расчета бюджета углерода управляемых лесов детально рассмотрены в разделе 6.4.1.1.2 настоящего доклада.

10.3.3.2 Основание для исключения какого-либо углеродного пула или выбросов/абсорбции парниковых газов в результате деятельности согласно статье 3.3 и избранных видов деятельности согласно статье 3.4

По статьям 3.3 и 3.4 в отчетность включаются все пулы (надземная и подземная биомасса, подстилка, мертвая древесина, органическое вещество почв).

Основание для исключения выбросов/абсорбции парниковых газов в результате деятельности по лесовозобновлению. Как уже отмечалось, на землях, передаваемых в лесной фонд, обычно лесовосстановление происходит естественным путем за счет естественного возобновления мелколиственных пород, а также при помощи посева или посадки.

Лесовосстановительные мероприятия осуществляются на землях, переводимых в лесной фонд из прочих видов пользования или из нелесных земель лесного фонда в лесные. Однако эти меры учитываются в общем объеме лесовосстановления, которое, является частью лесоправления. Специализированной статистики по лесовосстановлению, осуществляемому на конвертированных землях, не ведется. Конвертированные земли сначала соответствующими правовыми актами включаются в состав лесных земель лесного фонда, после чего на них

проводятся мероприятия по лесовосстановлению. В рамках традиционных нормативно-правовых основ лесохозяйственной деятельности, эти земли уже не отличаются от прочих категорий непокрытых лесом, и потому проводящиеся на них лесовосстановительные мероприятия учитываются в общей сумме.

В связи с трудностью разделения естественного возобновления и искусственных мероприятий по созданию лесных культур на землях, переводимых в управляемые лесные площади, в отчетности по пункту 3 статьи 3 Киотского протокола выбросы/абсорбция парниковых газов в результате деятельности по лесовозобновлению не предоставляется.

10.3.3.3 Информация о том, исключались ли косвенные или природные выбросы и абсорбция парниковых газов

Природные выбросы и абсорбция в результате повышения концентрации CO₂, превышающих доиндустриальные уровни, косвенных осадений азота, динамических последствий изменения возрастной структуры лесов в результате деятельности, осуществлявшейся до 1 января 1990 г., не включались. Косвенные выбросы и абсорбция, связанные с выпадением азотистых соединений из атмосферы, частично включены, поскольку пока не представляется возможным вычленить их воздействие на выбросы/абсорбцию парниковых газов лесными землями.

10.3.3.4 Изменения в данных и методах со времени представления предыдущего доклада (перерасчеты)

Перерасчеты выбросов парниковых газов за период 2008-2016 гг. по статье 3.3 (облесение) связаны с использованием новых данных по накоплению углерода в органическом веществе постагрогенных почв (Kurganova, Lopes de Gerenyu, 2008). Перерасчеты выбросов CO₂ от обезлесения связаны с коррекцией исходных данных (см. раздел 6.4.5.2.1). Перерасчеты по статье 3.4 (лесоуправление) связаны с использованием уточненных значений конверсионных коэффициентов для разных древесных пород и групп возраста древостоев, опубликованные в работе (Schepaschenko et al., 2017), а также с учетом изменения запасов углерода в пулах фитомассы и мертвой древесины перестойных древостоев. Перерасчеты по заготовленным лесоматериалам связаны с использованием производственного подхода, учитывающего внутренне производство и экспорт.

10.3.3.5 Оценки неопределенности

Неопределенность оценки бюджета углерода при облесении составляет $\pm 22,6\%$, при обезлесении – $\pm 12,3\%$, при управлении лесным хозяйством – $\pm 30,3\%$ (таблица 10.2). Более подробно оценка неопределенности рассматривается в разделе 6.5 НДК.

10.3.4 Статья 3.3

10.3.4.1 Информация, демонстрирующая, что деятельность согласно статье 3.3 началась с 1 января 1990г. и что она непосредственно вызвана деятельностью человека

Статистические формы, содержащие необходимую для расчетов информацию, были предоставлены Росстатом (табл. 6.27). Эта информация демонстрирует, что деятельность по пункту 3 статьи 3 Киотского протокола началась с 1 января 1990 года. Эта деятельность является прямым антропогенным воздействием. В отчетность включены сведения о создании противозерозионных и полезащитных лесных насаждений, создаваемых на сельскохозяйственных землях начиная с 1 января 1990 года (табл. 6.27). Из отчетности исключены земли, которые заросли древесно-кустарниковой растительностью естественным путем.

10. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола

Таблица 10.2

Оценка неопределенности потоков парниковых газов
при облесении, обезлесении и управлении лесным хозяйством в 2016 г.

Категория источника/поглотителя	Выброс парниковых газов, CO ₂ -экв., Гг ¹⁾	Неопределенность, %		
		исходных данных	коэффициента	объединенная
3.3 Облесение	-4410,19			22,6
Фитомасса	-3216,3	5	10	11,2
Мертвая древесина	-557,8	5	32	32,4
Подстилка	-72,7	5	62	62,2
Минеральные почвы	-650,0	5	65	65,2
Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров	52,2	20	70	72,8
Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров	34,4	20	60	63,2
3.3 Обезлесение	4436,30			12,3
Фитомасса потери	2251,7	10	13	16,4
Мертвая древесина	465,4	10	13	16,4
Подстилка	371,0	10	22	24,2
Минеральные почвы	1047,8	10	21	23,3
Органогенные почвы	34,8	10	21	23,3
Выбросы N ₂ O при минерализации органического вещества почвы	111,7	47	183	188,64
Изменение запасов углерода в заготовленных лесоматериалах	139,8	5	20,8	21,4
Осушение, N ₂ O	10,7	50	61,7	79,4
Осушение, CH ₄	3,3	50	80,1	94,5
3.4. Управление лесным хозяйством	-517508,09			30,3
Фитомасса	-610174,9	20	10	22,4
Мертвая древесина	-49370,0	20	32	37,7
Подстилка	-9704,1	10	62	62,8
Минеральные почвы	-18004,3	10	65	65,8
Органогенные почвы	5077,0	20	44	48,7
Мгновенная эмиссия CO ₂ от пожаров	125694,3	20	54	57,6
Мгновенная эмиссия CH ₄ от пожаров	15808,7	20	70	72,8
Мгновенная эмиссия N ₂ O от пожаров	10389,8	20	60	63,2
Эмиссия CH ₄ от осушения органических почв	1561,7	5	39,2	39,5
Эмиссия N ₂ O от осушения органических почв	478,4	5	79,5	79,6
Заготовленные лесоматериалы	10735,4	5	20,81	21,40

¹⁾ Положительные величины показывают выброс, отрицательные – поглощение

10.3.4.2 Информация о том, каким образом заготовительные работы или нанесение ущерба лесам, за которыми следует лесовозобновление, отличаются от обезлесения

Площади всех вырубок, гарей, а также погибших по разным причинам древостоев относятся к лесным землям и составляют фонд лесовосстановления. На этих временно непокрытых лесной растительностью землях проектируются и проводятся специальные мероприятия по искусственному лесовосстановлению, включающие посадку лесных культур и содействие естественному возобновлению. Таким образом, на лесных землях, подвергшихся рубкам или иным нарушениям, проводится активная лесохозяйственная деятельность, направленная на восстановление лесного покрова.

Территориальные органы управления лесным хозяйством (лесничества) обеспечивают сбор информации о текущих изменениях в лесном фонде. К таким изменениям относятся изменения их окружных границ, строительство дорог, линий электропередач, газо- и нефтепроводов, разные виды рубок, создание лесных культур, содействие естественному возобновлению, перевод несомкнувшихся лесных культур в покрытые лесом земли, изменение состава насаждений рубками ухода, повреждение древостоев в результате пожаров, вспышек размножения вредителей и болезней леса, стихийных бедствий и т. д. Все виды лесохозяйственной деятельности, а также все случаи гибели лесных насаждений фиксируются на таксационных планах и в специальных формах статистической отчетности. Оформление первичной документации в лесничествах осуществляется на компьютере с использованием специализированных статистических форм. Сводные данные по субъекту РФ получают в его территориальном органе исполнительной власти в области лесного хозяйства. По поручению Федерального агентства лесного хозяйства ФГУП «Рослесинфорг» обеспечивает составление сводной отчетности по стране и формирует банк данных. В процессе формирования банка данных проводится проверка и, при необходимости, корректировка поступающих данных.

Таким образом, информация по площадям, временно потерявшим лесной покров в результате рубок, пожаров или иных нарушений, приводится в составе временно непокрытых лесом земель лесного фонда в государственном лесном реестре (ранее – в государственных учетах лесного фонда). Эти земли остаются объектом лесоуправления, и они не должны рассматриваться как обезлесение.

10.3.4.3 Информация о размерах и географическом местоположении лесных районов, которые утратили лесной покров, но еще не классифицируются как обезлесенные

Обезлесивание связано с изменением категории назначения земель (выводом из состава лесного фонда) и потому сначала оформляется административно, а лишь затем происходит сведение лесного покрова. Из всего этого следует, что в России земли, которые утратили лесной покров, но еще не классифицируются как обезлесенные, отсутствуют.

10.3.4.4 Оценка поглощения углерода при облесении

Результаты расчетов поглощения при облесении представлены на рисунке 10.3 и в таблицах 6.28, 6.29 (см. раздел 6.4.1.2 национального доклада). Поскольку темпы создания защитных лесных насаждений резко снизились, поглощение углерода созданными насаждениями имеет тенденцию к снижению, достигнув к 2016 г. 4,5 млн. т CO_2 год⁻¹ для всех пулов углерода (рис. 10.3). Такая тенденция объясняется сокращением депонирования углерода органическим веществом почвы насаждениями старше 20 лет (Kurganova, Lopes de Gerenyu, 2008). Кроме того, наблюдается значительное поглощение углерода пулами фитомассы и мертвой древесины уже созданных лесных насаждений. Максимумы поглощения углерода пулом фитомассы в лесных насаждениях приходится на возраст 20-40 лет, потому древостои, созданные после 1990 г., продолжают увеличивать поглощение углерода. Оценка прямых выбросов парниковых газов (CH_4 , N_2O , CO , NO_x) при пожарных нарушениях представлена в таблице 6.34.

10. Дополнительная информация согласно пункту 1 статьи 7 Киотского протокола

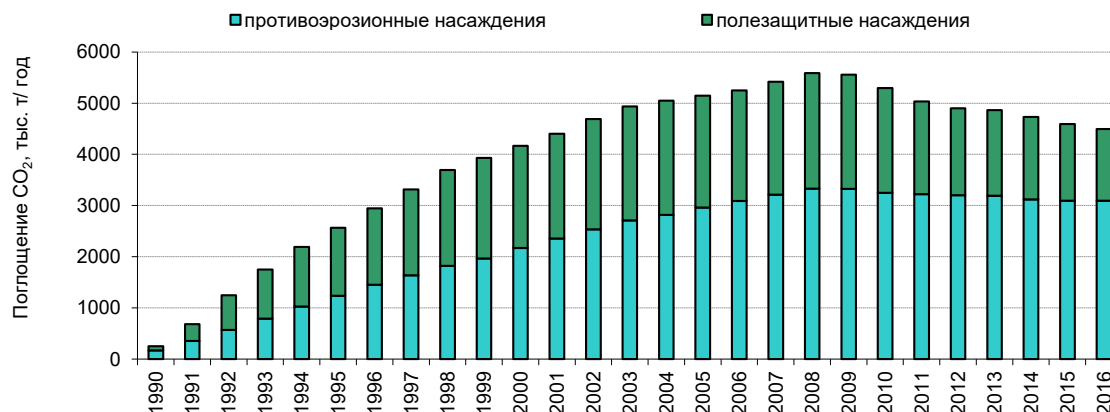


Рисунок 10.3 – Динамика годового поглощения CO_2 (с учетом потерь от нарушений) суммарно по пулам фитомассы, мертвой древесины, подстилки и почвы при облесении в Российской Федерации

Пространственное распределение противозерозивных лесных насаждений, созданных за период 1990-2016 гг., представлено на рисунке 10.4. Такие насаждения создаются в субъектах РФ Южного, а также южных частей Центрального, Приволжского и Сибирского федеральных округов. Все эти субъекты находятся в лесостепной, степной и полупустынной природных зонах, что определяет необходимость антропогенного участия в деятельности по облесению. Отношение площади созданных противозерозивных насаждений к общей площади субъекта РФ максимально в Орловской, Саратовской, Волгоградской областях и в республике Татарстан.

Пространственное распределение полезавщитных лесных полос, созданных за 1990-2016 гг. представлено на рисунке 10.5. В целом оно близко к рассмотренному выше распределению противозерозивных насаждений за некоторыми исключениями. Так, полезавщитные лесополосы присутствуют в Читинской области, крайне южная часть которой находится в степной зоне. По относительной доле полезавщитных полос лидируют Ростовская, Воронежская, Белгородская и Тамбовская области.

Вклад противозерозивных лесных насаждений в поглощение углерода при облесении за 2016 г. составляет около 67,3%. Причиной тому являются значительно большие площади создаваемых противозерозивных насаждений (68,9% от общей площади облесения) по сравнению с полезавщитными. Однако по средним величинам поглощения углерода пулом фитомассы полезавщитные насаждения оказываются на 50-60% более эффективными, чем противозерозивные. Эта ситуация объясняется значительной долей в составе полезавщитных лесополос березы (26%) и тополя (19%). Указанные породы обладают существенно более быстрыми темпами роста по сравнению с сосной, доминирующей в противозерозивных насаждениях.

10.3.4.5 Потери углерода при обезлесении

Высокие темпы обезлесения устойчиво отмечаются в ряде субъектов Северо-Западного и Центрального федеральных округов, Западной Сибири и юга Дальнего Востока. Этот факт подтверждает заключение о связи темпов конверсии земель с развитием экономики. В субъектах Северо-Западного и Центрального федеральных округов, близких к бурно развивающимся мегаполисам Санкт-Петербургу и Москве, стоимости альтернативного использования земель очень высоки, что вызывает мощные стимулы к смене землепользования. В Западной Сибири и на юге Дальнего Востока идет интенсивное развитие разработок нефтяных и газовых месторождений, а также развитие топливной транспортной сети (нефте- и газопроводы), что связано с переводом части покрытых лесом земель в другие категории землепользования.

Результаты расчета потерь углерода при обезлесении управляемых и неуправляемых лесов по пулам показаны в таблице 10.4. Начиная с 1990 г. по 2016 г. общая площадь обезле-

сения в управляемых и неуправляемых лесах (без учета кустарников) составила 616,5 тыс. га. Суммарный выброс углекислого газа от обезлесения снизился с 16,4 млн. т CO₂ в 1990 г. до 4,1 млн. т CO₂ в 2016 г. (рис. 10.6).

10.3.4.6 Выбросы N₂O при минерализации почвенного органического веществ

Оценка выбросов N₂O от почв при обезлесении выполнялась в соответствии с уравнением 11.8, глава 11, том 4 (МГЭИК, 2006). На основе данных баланса углерода в почвах при обезлесении (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 N₂O принят равным по умолчанию и составляет 0,01 кг N₂O-N/кг N в соответствии с таблицей 11.1, главы 11, тома 4 (МГЭИК, 2006).

Для оценки соответствующего косвенного выброса закиси азота при вымывании минерализованного азота использована фракция вымывания по умолчанию (30%) и коэффициент косвенного выброса N₂O при вымывании соединений азота из почв по умолчанию (0,0075 кг N₂O-N/кг N) в соответствии с таблицей 11.3, главы 11, тома 4 (МГЭИК, 2006).

Результаты расчета прямого и косвенного выброса N₂O при конверсии лесных земель в земли поселений приведены в таблице 10.3.

Таблица 10.3

Выбросы N₂O при минерализации почвенного органического вещества на лесных землях, переустроенных в земли поселений, тыс. тонн N₂O

Годы	Прямой выброс	Косвенный выброс	Всего
1990	1,41	0,32	1,73
1995	1,06	0,24	1,30
2000	0,77	0,17	0,94
2005	0,47	0,11	0,57
2006	0,46	0,10	0,56
2007	0,45	0,10	0,55
2008	0,48	0,11	0,59
2009	0,44	0,10	0,54
2010	0,49	0,11	0,60
2011	0,40	0,09	0,49
2012	0,36	0,08	0,44
2013	0,37	0,08	0,45
2014	0,35	0,08	0,42
2015	0,29	0,07	0,36
2016	0,31	0,07	0,37

10.3.4.7 Выбросы C, CH₄ и N₂O 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 в соответствии с рекомендациями группы экспертов по рассмотрению. Площади осушенных органогенных почв и соответствующие им выбросы N₂O и CH₄ представлены в таблицах ОФД КР.А.2.

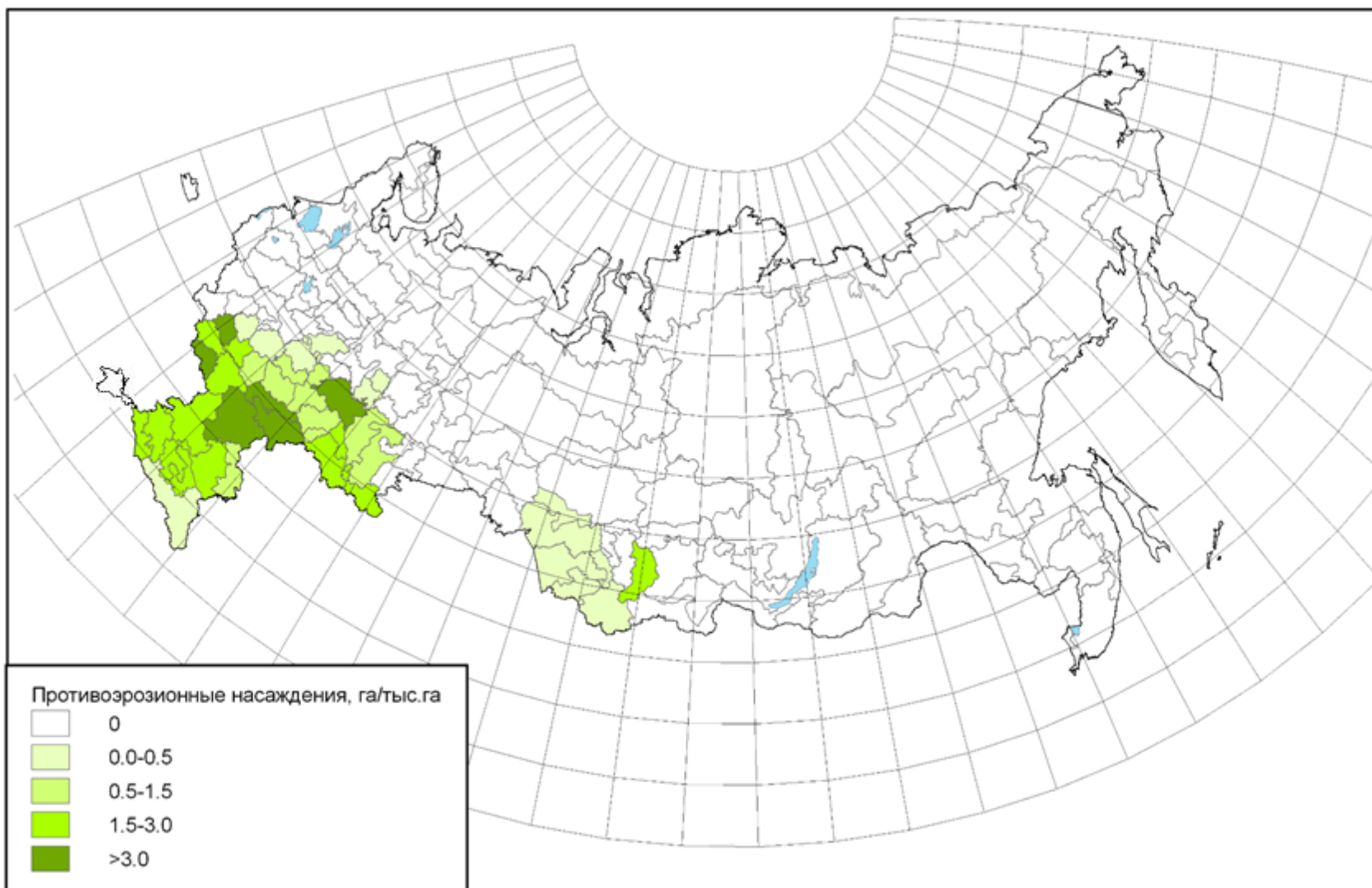


Рисунок 10.4 – Доля площадей противоэрозионных насаждений, созданных в период 1990-2015 гг., от общей площади субъектов РФ

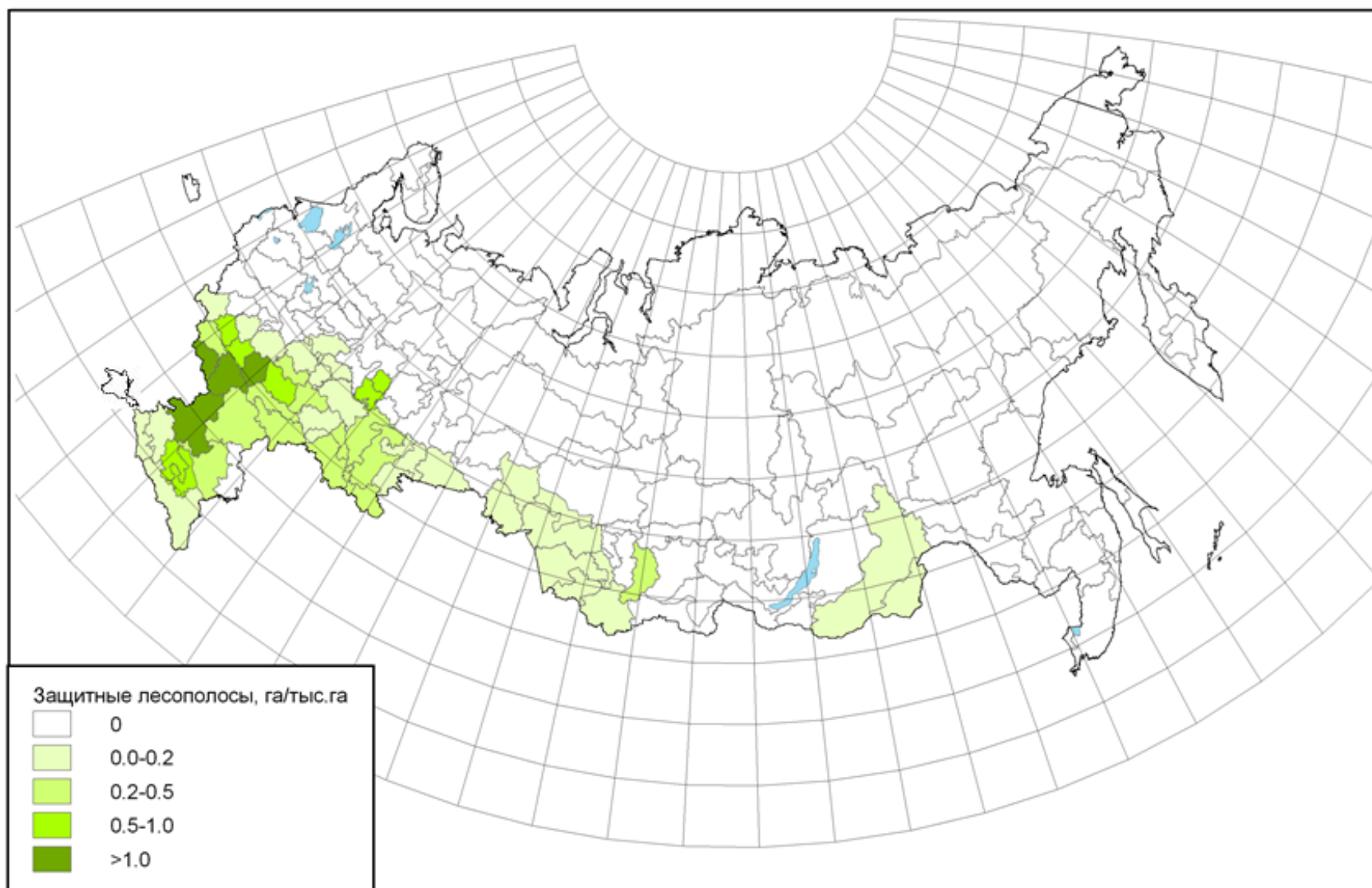


Рисунок 10.5 – Доля площадей защитных лесных полос, созданных в период 1990-2015 гг., от общей площади субъектов РФ

10.3.5 Статья 3.4

10.3.5.1 Информация, демонстрирующая, что деятельность согласно статье 3.4 имела место после 1 января 1990г. и вызвана деятельностью человека

В отчетности по статье 3.4 учитывается деятельность по управлению лесным хозяйством, начиная с 1 января 1990 г. Это подтверждается данными учета лесного фонда, государственного лесного реестра, статистической информацией по лесохозяйственным мероприятиям, лесным пожарам, гибели лесных насаждений в результате действия различных факторов применительно к территории управляемых лесов РФ.

10.3.5.2 Информация, демонстрирующая, что выбросы из источников и абсорбция поглотителями в результате избранной деятельности согласно пункту 4 статьи 3 не учитываются для деятельности согласно пункту 3 статьи 3 Киотского протокола

В соответствии с методологией сбора исходных данных для оценки выбросов и поглощения парниковых газов на территории управляемых лесов (см. раздел 6.4.1.1.2 настоящего доклада) используются отдельные статистические формы по площадям управляемых лесов и площадям противоэрозионных и полезащитных лесонасаждений, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения (облесение) (см. раздел 6.4.1.2.2), которые собираются на локальных уровнях. Площади земель, переустроенные в земли поселений, включая устройство объектов инфраструктуры (обезлесение), определяются в настоящем кадастре на основе статистических данных по ежегодным объемам соответствующих объектов строительства и норм отводимых под них земель (см. раздел 6.4.5.2.1). Таким образом, методы сбора исходных данных и расчета выбросов из источников и абсорбции поглотителями в результате управления лесным хозяйством позволяют полностью исключить двойной учет площадей и выбросы и абсорбцию парниковых газов в результате антропогенной деятельности по облесению и обезлесению. Основой для расчетов выбросов и поглощения парниковых газов служит матрица преобразования земель, четко разделяющая площади управляемых лесов, площади облесения и площади обезлесения (см. разделы 10.3.2.2 и 10.3.2.3).

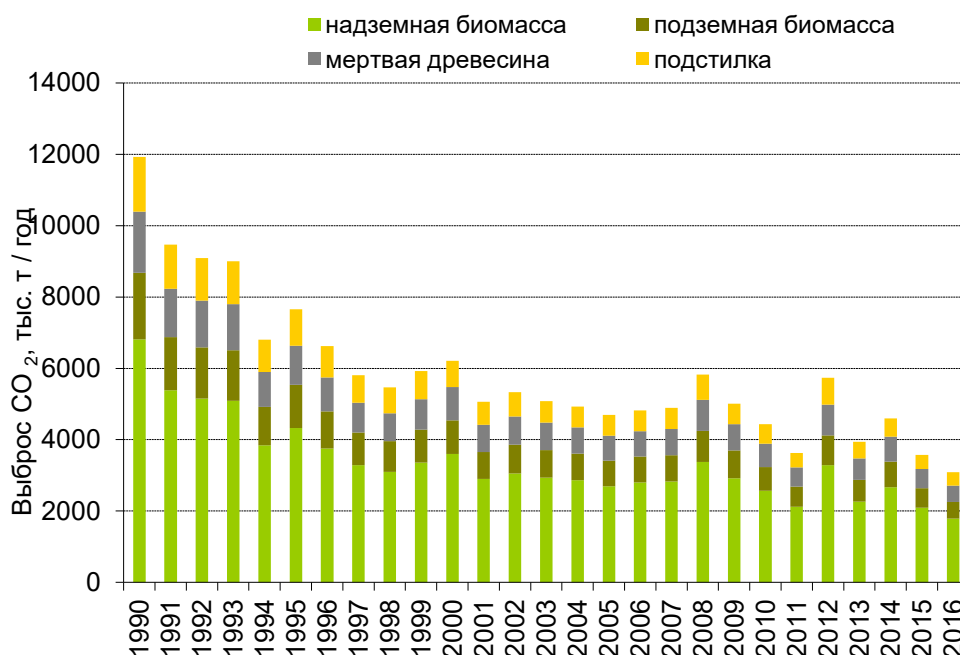


Рисунок 10.6 – Оценка выбросов CO₂ по пулам при обезлесении (суммарно для управляемых и неуправляемых лесов)

10.3.5.2 Информация, относящаяся к управлению лесным хозяйством

На территории лесного фонда России выделены 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, или лесоуправление, составляет цельную систему взаимосвязанных организационно-хозяйственных мероприятий по обеспечению устойчивого и неистощительного пользования лесными ресурсами.)

Таблица 10.4

Потери углерода при обезлесении (без учета кустарников) в Российской Федерации

Пулы	Потери углерода при обезлесении по годам, тыс. т С год ⁻¹														
	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Управляемые леса															
Надземная биомасса	1465,2	892,0	733,2	545,5	569,8	582,6	698,1	643,7	592,9	492,0	772,0	523,6	607,9	477,2	414,3
Подземная биомасса	400,6	249,1	191,6	143,7	147,5	149,8	178,7	169,0	149,8	128,9	195,5	138,4	160,9	124,2	106,1
Мертвая древесина	369,0	226,2	190,3	142,8	144,8	152,2	180,0	163,0	153,0	126,5	204,4	139,5	161,2	123,9	108,7
Подстилка	330,0	209,7	155,9	122,9	121,1	127,7	153,3	129,3	128,5	98,9	182,6	112,6	120,5	93,3	88,7
Почва с неполн.	163,0	158,1	141,7	116,0	107,9	101,2	95,2	88,5	81,9	76,5	73,8	69,2	66,5	62,7	59,3
Почва с полн.	788,6	527,0	401,4	230,7	231,6	230,6	267,9	259,6	298,3	249,5	207,1	221,0	201,5	167,4	186,73
Неуправляемые леса															
Надземная биомасса	393,3	288,8	248,0	189,5	194,4	190,0	223,9	152,6	108,7	86,8	123,9	94,8	120,0	94,1	74,3
Подземная биомасса	107,5	80,6	65,8	51,0	51,6	50,1	58,3	44,5	30,0	24,1	32,2	26,7	33,6	24,8	19,4
Мертвая древесина	99,0	73,2	63,7	49,4	48,8	48,8	56,7	37,8	26,9	20,6	30,7	23,8	29,8	23,1	18,3
Подстилка	88,6	67,9	45,7	35,0	36,0	33,1	40,7	26,7	18,9	11,7	22,6	15,2	19,1	14,8	12,5
Почва с неполн.	64,3	58,8	50,3	38,7	35,3	32,4	29,7	27,3	25,3	23,5	22,1	20,5	19,4	17,9	16,5
Почва с полн.	211,7	170,6	126,5	53,0	51,3	50,6	60,0	35,0	48,9	23,9	32,4	30,2	34,2	25,1	23,3
Все леса															
Биомасса	2366,6	1510,6	1238,6	929,7	963,2	972,6	1158,9	1009,8	881,4	731,8	1123,6	783,5	922,4	720,4	614,1
Мертвая древесина	468,1	299,4	253,9	192,2	193,7	201,0	236,6	200,9	179,9	147,1	235,1	163,2	191,1	147,0	126,9
Подстилка	418,6	277,6	201,6	157,9	157,1	160,8	194,0	155,9	147,4	110,7	205,2	127,7	139,7	108,1	101,2
Почва с неполн.	227,3	216,9	192,0	154,6	143,2	133,6	124,9	115,8	107,1	100,0	95,9	89,6	85,9	80,6	75,8
Почва с полн.	1000,3	697,7	527,9	283,7	282,9	281,3	328,0	294,7	347,2	273,4	239,5	251,2	235,6	192,5	210,0
Все пулы	4480,9	3002,3	2414,0	1718,0	1740,1	1749,2	2042,4	1777,0	1663,1	1363,0	1899,3	1415,2	1574,6	1248,5	1128,0

В рамках управления лесами проводятся следующие мероприятия: планируются и осуществляются регулярный учет, количественная оценка и анализ состояния, пространственно-временной и ресурсной динамики лесного фонда; выполняются лесовосстановительные мероприятия и уход за лесом; осуществляется охрана и защита лесов от пожаров и прочих причин гибели лесных насаждений; определяется оптимальный размер лесозаготовок (расчетная лесосека); производятся рубки главного и промежуточного пользования, заготовки недревесного сырья и другой лесной продукции.

Все вышеперечисленные мероприятия применялись как в прошлом (включая 1990 год), так и применяются в настоящее время, и планируются к применению в качестве будущей хозяйственной деятельности в управляемых лесах страны.

Общая площадь управляемых лесных земель с 1990 по 2016 г. увеличилась на 83,8 млн. га за счет перевода из неуправляемых лесных земель (рис. 10.7). Наиболее значительный рост площадей произошел в 2009 г. Из 41,2 млн. га лесных земель, переводимых в 2009 г. из резервных лесов в управляемые, только 7,0 млн. га (17,0%) составляли перестойные леса, в которых депонирование углерода приближается к нулю.

Доля непокрытых лесной растительностью площадей от общей площади лесных земель сократилась с 13,2% в 1990 г. до 9,7% в 2016 г. Сокращение площадей новых вырубок за счет снижения уровня лесозаготовок происходит одновременно с лесовосстановлением на вырубках более раннего периода, после чего они переходят в состав покрытых лесом земель.

Отличительной особенностью возрастной структуры управляемых лесов является значительное участие спелых и перестойных древостоев. В спелых древостоях годичное депонирование углерода сокращается, а в перестойных – приближается к нулю (Исаев и др., 1993). В 1990 г. доля спелых и перестойных древостоев составляла 47,5% от площади управляемых лесов, в 2016 г. – 45,3%. Доля площади спелых и перестойных древостоев с преобладанием хвойных пород сократилась с 51,3% в 1990 году до 48,1% в 2016 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 43,6% в 2016 году. В то же время наблюдалось увеличение доли площадей спелых и перестойных древостоев с преобладанием мягколиственных пород (с 33,5% в 1990 году до 37,8% в 2016 году).



Рисунок 10.7 – Динамика площади управляемых лесных земель России (без учета кустарников)

В начале 1990-х годов значительная доля потерь углерода была связана со значительным объемом лесозаготовок, которые сократились к 1998 году. Вторым наиболее значительным фактором, определяющим потери углерода, является гибель лесных насаждений в основном в результате деструктивных пожаров.

За весь рассматриваемый период поглощение CO₂ управляемыми лесами РФ (без учета кустарников) превышало его потери, то есть наблюдался сток атмосферного углерода (рис. 10.8, табл. 10.5).

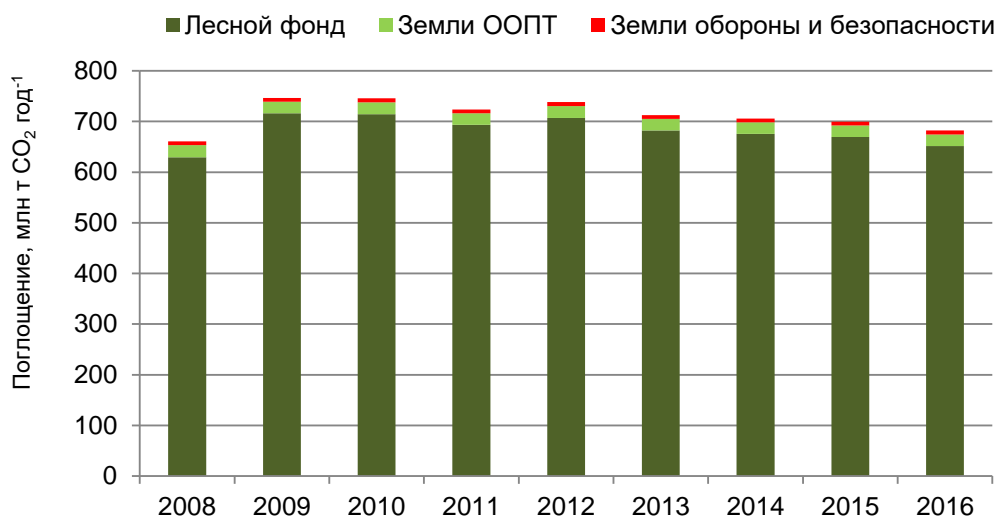


Рисунок 10.8 – Баланс CO₂ управляемых лесов России без учета кустарников

Итоговые величины углеродного баланса управляемых лесов Российской Федерации отражают всю совокупность мер по лесопользованию: 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 (Замолотчиков и др., 2005; Замолотчиков и др., 2007).

Выбросы CH₄ и N₂O в управляемых лесах России приведены в таблице 10.6. Значительная вариация выбросов парниковых газов в таблице 10.6 обусловлена воздействием природных и антропогенных факторов, определяющих условия возникновения и характер пожаров в лесах.

Наблюдается сокращение выбросов от осушения органических почв с 1,7 в 1990 г. до 1,4 млн. т С год⁻¹ в 2015 г. в связи с недостаточным объемом работ по поддержанию мелиоративной сети и сокращению площадей осушенных лесных земель. По сравнению с 1990 годом выбросы CH₄ от осушенных органических почв сократились с 23,0 тыс. т CH₄ год⁻¹ в 1990 г. до 19,1 тыс. т CH₄ год⁻¹ в 2016 г., а выбросы N₂O – с 6,24 тыс. т N₂O год⁻¹ в 1990 году до 5,24 тыс. т N₂O год⁻¹ в 2016 году.

Таблица 10.5

Баланс углерода по пулам управляемых лесов (без учета кустарников)

Годы	Баланс углерода по пулам, тыс тонн С год ⁻¹				
	Биомасса	Мертвая древесина	Подстилка	Органическое вещество почв	Итого
Управляемые леса, входящие в лесной фонд					
2008	151388,2	13628,0	2927,7	5087,6	173031,5
2009	171519,5	16363,5	3097,5	5716,6	196697,2
2010	171619,4	16025,7	2939,3	5670,9	196255,2
2011	166918,0	15092,1	2888,8	5613,5	190512,4
2012	170679,4	15447,1	2849,5	5327,5	194303,6
2013	165506,2	14288,2	2714,2	4936,9	187445,4
2014	164558,0	13987,2	2532,9	4487,0	185565,1
2015	163347,4	13676,1	2509,7	4358,9	183892,1
2016	159714,1	12569,1	2464,8	4308,7	179056,7

Продолжение таблицы 10.5

Годы	Баланс углерода по пулам, тыс тонн С год ⁻¹				
	Биомасса	Мертвая древесина	Подстилка	Органическое вещество почв	Итого
Управляемые леса на землях ООПТ					
2008	5187,3	646,9	152,4	498,5	6485,2
2009	5032,0	633,1	133,2	384,6	6182,9
2010	5175,1	641,6	133,7	403,2	6353,6
2011	5003,9	616,9	133,0	402,2	6156,0
2012	5107,7	631,2	134,8	409,0	6282,7
2013	5043,6	619,2	133,0	405,2	6201,0
2014	5089,8	626,1	130,8	398,8	6245,4
2015	5084,6	621,4	131,1	401,7	6238,8
2016	5077,9	615,1	131,8	409,0	6233,8
Управляемые леса на землях обороны и безопасности					
2008	1551,8	286,5	48,9	175,9	2063,2
2009	1631,2	301,0	47,3	173,0	2152,4
2010	1654,0	297,6	47,1	177,2	2175,9
2011	1634,1	292,2	46,4	175,8	2148,5
2012	1649,9	295,7	47,3	179,5	2172,4
2013	1604,8	282,4	46,9	181,3	2115,4
2014	1611,4	282,2	47,6	184,7	2125,8
2015	1623,8	284,3	49,0	190,5	2147,5
2016	1619,4	280,3	49,9	192,6	2142,2
Итого по управляемым лесным землям					
2008	158127,4	14561,4	3129,1	5762,1	181579,9
2009	178182,7	17297,6	3278,0	6274,2	205032,5
2010	178448,5	16964,9	3120,1	6251,3	204784,8
2011	173556,0	16001,1	3068,2	6191,5	198816,9
2012	177437,0	16374,0	3031,6	5916,0	202758,7
2013	172154,5	15189,9	2894,1	5523,3	195761,8
2014	171259,1	14895,5	2711,3	5070,5	193936,4
2015	170055,8	14581,8	2689,7	4951,1	192278,4
2016	166411,3	13464,5	2646,6	4910,3	187432,7

Таблица 10.6

Выбросы CH₄ и N₂O в управляемых лесах России

Год	Выброс от пожаров, тыс. т CO ₂ -экв. год ⁻¹		Выброс от осушения органических почв, тыс. т CO ₂ -экв. год ⁻¹		Суммарный выброс, тыс. т CO ₂ -экв. год ⁻¹
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	
2008	17920,0	11807,4	478,4	1561,7	31767,4
2009	18050,0	11900,9	478,4	1561,7	31991,0
2010	15289,8	9959,3	478,4	1561,7	27289,2
2011	15371,9	10128,3	478,4	1561,7	27540,3
2012	15239,2	10041,6	478,4	1561,7	27320,9
2013	13657,2	9004,5	478,4	1561,7	24701,7
2014	15301,7	10084,2	478,4	1561,7	27426,0
2015	15266,0	10057,3	478,4	1561,7	27363,4
2016	15808,7	10389,8	478,4	1561,7	28238,5

10.3.5.3 Заготовленные лесоматериалы

В данной категории рассматриваются все вывезенные с места заготовки лесоматериалы, являющиеся антропогенным резервуаром долговременного хранения углерода в связи с длительным сроком их использования. В категории рассматриваются ежегодные изменения общего пула заготовленных лесоматериалов при их потреблении в РФ и экспорте из РФ.

На основании полученных оценок экспорта и домашнего потребления заготовленных лесоматериалов была проведена оценка общего ежегодного изменения запасов углерода в этом пуле за период 1990-2016 гг. (рис. 10.9). Положительные величины показывают увеличение пула продуктов лесозаготовок, а отрицательные – его уменьшение.

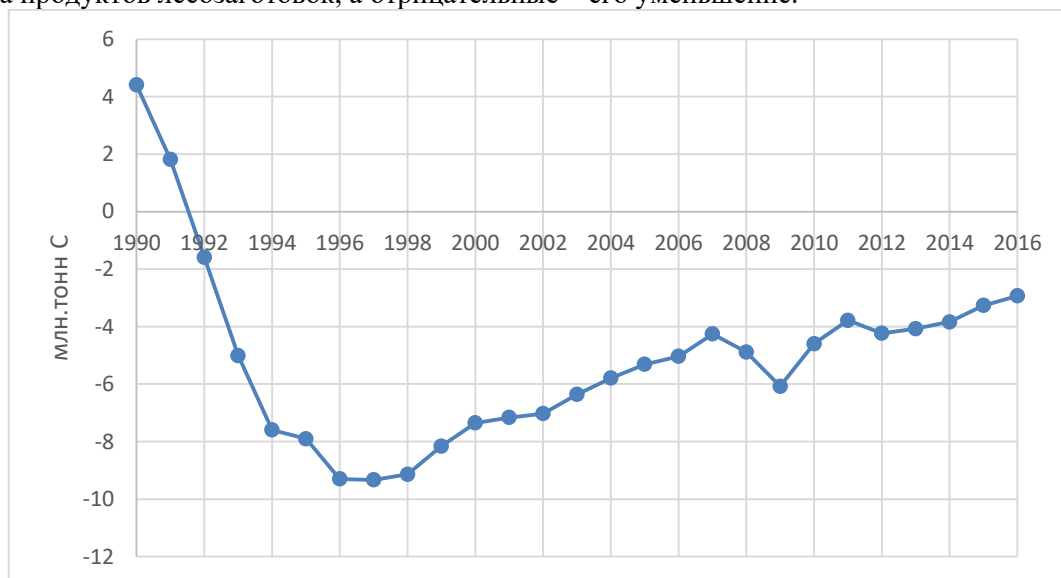


Рисунок 10.9 – Изменение запасов углерода в заготовленных лесоматериалах

Как видно из приведенной диаграммы в динамике изменения запасов углерода в заготовленных лесоматериалах наблюдаются два периода: 1990-1991 гг. и 1992 г. – по настоящее время. В период с 1990 г. по 1991 г. происходило накопление углерода в пуле заготовленных лесоматериалов. В дальнейшем, в период с 1992 по 2016 гг. происходило постоянное уменьшение пула углерода в заготовленных лесоматериалах, в связи со снижением вывозки древесины, сокращением объемов производства и увеличением экспорта древесины и продуктов ее переработки. В последние годы (2009-2016 гг.) наметилось снижение темпов уменьшения пула углерода в заготовленных лесоматериалах, которое связано в первую очередь с уменьшением экспорта необработанной древесины и пиломатериалов.

Информация согласно параграфу 2, пункт (g), Приложения II, решения 2/СМР.8:

1. Исходные данные по категориям заготовленных лесоматериалов получены на основе данных характеризующих хозяйственную деятельность лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, данных о производстве и экспорте круглого леса, пиломатериалов, фанеры, древесно-стружечные плит (ДСП), древесноволокнистых плит (ДВП) и целлюлозы по статистике Росстата (www.gks.ru) и статистике Федеральной таможенной службы (Государственный таможенный комитет, 1995-2016);
2. Используемый метод расчета соответствует методу балансовых оценок выбросов и поглощения, представленному в методике МГЭИК (МГЭИК, 2006). Периоды полувыведения для пиломатериалов равен 35 годам, для древесных плит – 25 годам и для целлюлозы – 2 годам. Эти периоды, что полностью согласуется с периодами по умолчанию, приведенными в решении 2/СМР.7, параграф 29 Приложения. Расчет был проведен на основе исходных данных раздела НДК 6.4.7 «Заготовленные лесоматери-

- алы» отдельно для продукции, потребленной в стране, и для продукции деревообработки, пошедшей на экспорт.
3. Базовый уровень РФ основывается не на прогнозных данных, поэтому информация о том, как выбросы от заготовленных лесоматериалов до начала второго периода КП учтены в этом уровне, не приводится.
 4. Выбросы от заготовленных лесоматериалов в течение выполнения первого периода КП были рассчитаны на основе допущения о «мгновенном окислении». Начиная с кадастра 2015 года, оценивается баланс углерода в пуле заготовленных лесоматериалов. При этом был согласованно пересчитан весь временной период, начиная с 1990 г. Учитывая, что РФ не имеет количественных обязательств во втором периоде КП дополнительного исключения выбросов от мгновенного окисления, учтенных в первом периоде КП, для РФ не требуется.
 5. Для заготовленных лесоматериалов, полученных при обезлесении, было принято мгновенное окисление. При этом предполагалось, что часть потерь надземной биомассы, приведенной в таблице 6.69, поступает в дальнейшую переработку. Эта часть была определена по процентному соотношению биомассы ствола, ветвей и листьев для отдельных древесных пород на основании конверсионных коэффициентов (Замолдчиков и др., 2003). Было принято, что 95% биомассы ствола вывозится с мест рубки, из которых 93% поступает в дальнейшую переработку, а около 2% может быть заготовлено в качестве дров и сожжено в текущем году. Таким образом, было определено количество углерода, поступающее в переработку с мест обезлесения. Затем это количество было вычтено из части прихода в данном году в резервуар заготовленных лесоматериалов.
 6. Выбросы CO₂ с мест утилизации твердых коммунальных отходов, где выбросы рассчитываются отдельно, а также при использовании для целей энергетики оцениваются на основе подхода «мгновенного окисления».
 7. Импорт заготовленных лесоматериалов в расчетах не учитывался.

Неопределенность и согласованность временных рядов

В кадастре 2016 года впервые выполнена оценка изменения запасов углерода в пуле продуктов лесозаготовки в результате лесохозяйственной деятельности. Неопределенность исходных данных оценивается не более чем $\pm 5,0\%$. Общая итоговая оценка погрешности оценки запаса углерода в резервуаре продукции лесозаготовки оценивается в $\pm 21\%$

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.

Перерасчеты

В настоящем кадастре проведен пересчет всего ряда данных. Соотношение разных пулов древесины, полученной при обезлесении, приведено в соответствие с более корректным распределением по пулам основного объема продуктов переработки древесины, которое основано только на производстве и экспорте, и не включает импорт.

10.3.5.4 Отчетность Российской Федерации по статье 3 Киотского протокола

Таблица 10.7 показывает отчетность по изменениям углеродных пулов и по источникам парниковых газов, представленную Российской Федерацией по пунктам 3 и 4 статьи 3 Киотского протокола, включая заготовленные лесоматериалы.

Таблица 10.8 демонстрирует суммарный бюджет углерода по видам деятельности, отчетность по которым предусмотрена в рамках статьи 3 Киотского протокола. Сравнение итоговых величин явно показывает, что облесение, обезлесение и пул заготовленных лесоматериалов приводят к существенно меньшим по абсолютным величинам потокам углерода по сравнению с лесопользованием.

10.3.5.5 Анализ ключевых категорий для деятельности согласно статье 3.3 и любых видов деятельности согласно статье 3.4

Анализ ключевых категорий проводился согласно разделу 5.4.4 «Руководящих указаний МГЭИК по эффективной практике для ЗИЗЛХ» (2003). К ключевым категориям относятся деятельность по управлению лесным хозяйством и обезлесение, поскольку связанные категории в кадастре парниковых газов (5.A.1 Лесные земли, остающиеся лесными землями; 5.E.2.1 Лесные земли, переустроенные в поселения) являются ключевыми (табл. 10.9).

Таблица 10.7

Отчетность по пунктам 3 и 4 статьи 3 Киотского протокола, представленная Российской Федерацией по изменениям углеродных пулов и по источникам парниковых газов

Виды отчетности	Отчетность по статье 3.3		Отчетность по статье 3.4
	Облесение	Обезлесение	Управление лесным хозяйством
Отчетность по изменениям углеродных пулов			
Надземная биомасса	R	R	R
Подземная биомасса	R	R	R
Подстилка	R	R	R
Мертвая древесина	R	R	R
Минеральные почвы	R	R	R
Органические почвы	NO	NO	R
Заготовленные лесоматериалы	NA	R	R
Отчетность по источникам парниковых газов			
Удобрение			
N ₂ O	NO	NO	NO
Осушение, обводнение и другие			
CH ₄	NO	NO	R
N ₂ O	NO	NO	R
Минерализация азота в минеральных почвах, N ₂ O	NO	NO	NO
Непрямые выбросы N ₂ O от управляемых почв	NO	NO	NO
Сжигание биомассы			
CO ₂	IE ²⁾	NO	R
CH ₄	R	NO	R
N ₂ O	R	NO	R

Примечание: ¹⁾ Включено в отчетность по статье 3.4; ²⁾ выбросы CO₂ от сжигания биомассы включены в отчетность по изменениям углеродных пулов; IE – включено в другом месте; NA – not applicable (не применимо); R – reported (отчетность представлена).

Таблица 10.8

Выбросы и абсорбция парниковых газов в Российской Федерации от видов деятельности по пунктам 3 и 4 статьи 3 Киотского протокола

Год	Выбросы (+) и абсорбция (-) и по виду деятельности, 10 ³ т CO ₂ -экв. год ⁻¹			
	Облесение	Обезлесение	Управление лесным хозяйством	Всего
2008	-5492,3	8212,54	-493985,0	-491264,7
2009	-5459,0	7331,30	-569938,2	-568065,9
2010	-5202,4	6652,58	-579058,6	-577608,4
2011	-4943,7	5399,03	-560811,5	-560356,2
2012	-4807,9	7517,74	-570312,1	-567602,3
2013	-4771,3	5621,55	-548626,9	-547776,6
2014	-4639,4	6220,01	-538733,1	-537152,5
2015	-4505,7	4909,50	-532934,6	-532530,8
2016	-4410,2	4436,30	-517508,1	-517482,0

Примечание: IE – деятельность по лесовозобновлению включена в отчетность по управлению лесным хозяйством.

Таблица 10.9

Анализ ключевых категорий для деятельности согласно статье 3.3 и любых видов деятельности согласно статье 3.4

Ключевая категория выброса или поглощения	Газ	Критерии, используемые для определения ключевой категории		
		Связанные категории в кадастре парниковых газов являются ключевыми	Вклад категории больше чем наименьшая категория, рассматриваемая в качестве ключевой кадастре парниковых газов (включая сектор ЗИЗЛХ)	Иное
Управление лесным хозяйством	CO ₂	Лесные земли, остающиеся лесными землями (управляемые леса)	Да	Поглощение составляет 95,8% от суммы абсолютной оценки выбросов / поглощения
Обезлесение	CO ₂	Лесные земли, переведенные в земли поселений	Да	—
Заготовленные лесоматериалы	CO ₂	Заготовленные лесоматериалы	Да	—

10.3.5.6 Информация о технической коррекции базового уровня по статье 3.4 «Лесоуправление» (Forest Management Reference Level)

В связи с перерасчетами углеродного баланса управляемых лесов и заготовленных лесоматериалов, проведенными при подготовке настоящего кадастра, возникла необходимость технической коррекции базового уровня по статье 3.4 «Лесоуправление». Российской Федерацией был выбран исторический базовый уровень, основанный на данных 1990 г. Величина технической коррекции базового уровня равна -16607,7 кт CO₂-экв. Эта величина получена как разница между современной оценкой выбросов по статье 3.4 в 1990 году (-132907,72 кт CO₂-экв.) и базовым уровнем, записанным в приложении решения 2/СМР.7 Конференции Сторон РКИК ООН (-116300,00 кт CO₂-экв.).

10.4 Сведение к минимуму неблагоприятных последствий в соответствии с пунктом 14 статьи 3 Киотского протокола

При выполнении принятых 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 компенсация выбросов парниковых газов, связанных с производством или добычей, подготовкой и транспортировкой экспортируемых энергоресурсов;
- содействие развитию альтернативной 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 компенсация 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.²⁸

Российская Федерация практически полностью обеспечивает себя энергоресурсами за счет внутренней добычи. Значительная часть добытых энергоресурсов экспортируется.²⁹ При этом выбросы парниковых газов от операций по добыче, подготовке и транспортировке экспортируемых нефти и природного газа, а также утилизации нефтяного (попутного) газа учитываются в национальном кадастре и, соответственно, их сокращение является обязательством Российской Федерации. В частности, благодаря принятым мерам по оптимизации использования попутного нефтяного газа, уровень полезного его использования в 2016 г. достиг 88%, что на 8% превышает аналогичный показатель 1990 года.

Экспортные поставки российского природного газа способствуют внедрению в странах-импортерах современных технологий в энергетическом секторе и обеспечивают замещение более углеродоемких видов топлива (каменный уголь и нефть), снижая, таким образом, выбросы в атмосферу парниковых газов, в первую очередь, CO₂. Экспорт природного газа в развивающиеся страны Юго-Восточной Азии и Тихоокеанского региона будет производиться по двум направлениям: западному – из Западной Сибири и восточному – с месторождений Восточной Сибири, Дальнего Востока и Сахалина. В 2011 г. введен в эксплуатацию магистральный газопровод Сахалин – Хабаровск – Владивосток, который предполагается использовать в том числе и для экспортных поставок газа в Китайскую народную республику (КНР) и Республику Корея. В 2014 г. заключен контракт о поставке 38 млрд. м³ российского природного газа в КНР по восточному маршруту с 2019 г. в течение 30 лет, с возможностью увеличения поставок до 60 млрд. м³. С целью расширения географии поставок природного газа в направлении Азиатско-Тихоокеанского региона в конце 2014 г. инициирован проект газопровода «Сила Сибири» мощностью 61 млрд. м³ газа в год.³⁰

²⁸ Ранее это направление деятельности в национальном кадастре не представлялось.

²⁹ Основные данные по экспорту энергоресурсов за 2015г. приведены в Приложении 4 т. 2 настоящего доклада.

³⁰ www.gazpromexport.ru/

Увеличивается экспорт сжиженного природного газа (СПГ). К 2013 г. проект «Сахалин-2» вышел на полную мощность, обеспечивая поставки СПГ объемом 1 млн. тонн в Республику Корея.³¹ С 2014 г. вступил в силу долгосрочный контракт ПАО «Газпром» на поставку 2,5 млн. т СПГ в Индию.³² СПГ также экспортируется в Аргентину, Египет, КНР, Кувейт, Мексику, ОАЭ, Тайвань и другие развивающиеся страны.

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 учтены в разделах 3 и 4 настоящего кадастра. Следует отметить, что одновременно со строительством осуществляется обучение местного персонала методам и технологиям работы на построенных объектах и переданном оборудовании. В 2015 – 2016 гг. ГК «Росатом» осуществляла строительство 34 энергоблоков для атомных электростанций (АЭС), находящихся за пределами Российской Федерации. По последним данным, обновленным по сравнению с информацией, включенной в предыдущий кадастр, проекты по строительству атомных электростанций реализуются в Армении, Бангладеш, Египте, Иордании, Иране, Индии, Китае и Нигерии. В 2014 г. заключены межправительственные соглашения об использовании атомной энергии в мирных целях с Алжиром, Аргентиной и ЮАР. В 2015 г. аналогичные соглашения заключены с Ганой и Саудовской Аравией, в 2016 г. – с Боливией, Замбией и Тунисом. На основе заключенных соглашений начато сооружение центров ядерных исследований и технологий в Боливии (2016), Нигерии (2016) и Замбии (2017).

Модернизация производства представляет собой практический инструмент снижения выбросов парниковых газов в различных секторах экономики. Ключевую роль в модернизации производства, а также принятии управленческих решений, направленных на смягчение негативного воздействия на климат, играют высококвалифицированные специалисты. Российская Федерация осуществляет подготовку иностранных студентов по многим специальностям, включая, в первую очередь, технические и технологические специальности различных направлений, а также экономические, юридические и прочие. Ежегодно Правительство Российской Федерации осуществляет оплату обучения иностранных граждан из развивающихся стран и стран СНГ на безвозмездной основе. Подготовка специалистов и повышение их квалификации (обучение в аспирантуре) осуществляется в профильных высших учебных заведениях за счет федерального бюджета (Постановление Правительства РФ от 8 октября 2013 г. № 891)³³. В настоящее время в Российской Федерации в системе высшего и дополнительного профессионального образования по учебным программам экологического, природоохранного, климатического и гидрометеорологического профиля, а также энерго- и ресурсосбережения обучаются студенты из Азербайджана, Анголы, Армении, Бангладеш, Боливии, Ботсваны, Бурунди, Вьетнама, Гайаны, Гвинеи, Гвинеи-Бисау, Демократической Республики Конго, Джибути, Египта, Замбии, Йемена, Индонезии, Ирака, Ирана, Казахстана, Киргизии, Китая, КНДР, Колумбии, Конго, Коста-Рики, Кот-Д'Ивуара, Кубы, Лаоса, Либерии, Мавритании, Мозамбика, Молдовы, Монголии, Непала, Нигерии, Никарагуа, Руанды, Сан-Томе и Принсипи, Сальвадора, Сирии, Таджикистана, Танзании, Туркменистана, Узбекистана, Шри-Ланки, ЦАР, Чада, Экватора, Эритреи и других развивающихся стран. 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

³¹ <http://www.km.ru/economics/2012/10/09/ekonomika-i-finansy/694369-gazprom-zaklyuchil-dogovor-o-postavkakh-szhizhennogo>

³² www.gazpromquestions.ru/foreign-markets/

³³ <http://m.government.ru/docs/7126/>

Учебно-методическое объединение в области гидрометеорологического образования, созданное Минобрнауки России на базе Российского государственного гидрометеорологического университета.³⁴

ОК РУСАЛ, одна из ведущих компаний 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: Российском университете дружбы народов, Московском государственном университете путей сообщения, Сибирском федеральном университете, Уральском федеральном университете и Уральском государственном горном университете. 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. В 2011 году РУСАЛ запустил программу «100 студентов». Основная цель программы – обучение гвинейской молодежи в российских высших учебных заведениях и подготовка молодых специалистов для работы на предприятиях РУСАЛа в Гвинее. Финансирование обучения и проживания студентов производится полностью за счет средств РУСАЛа (стоимость программы свыше 6 млн. долл. США). Обучение проводится по различным специальностям, в число которых входит экология. За 2015-2017 гг. обучение прошли 111 студентов. Общее количество студентов, обучающихся по Международной образовательной программе РУСАЛа в 2016 году, составило 118 человек, в том числе 85 человек из Гвинеи, 25 человек из Ямайки, 5 человек из Гайаны.

В 2014 – 2017 гг. Российская Федерация активно участвовала в оказании международной помощи по ликвидации последствий стихийных бедствий, в том числе природно-климатического характера. Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) было проведено в общей сложности 25 гуманитарных операций, в том числе 17 операций в развивающихся странах, включая наиболее уязвимые к воздействию изменений климата. Силы МЧС России были задействованы в спасательных операциях и ликвидации последствий циклона в Республике Вануату (2015), неблагоприятных погодных явлений в Таджикистане (2015) и Киргизии (2017), наводнений в Мьянме (2015), КНР (2016) и Шри-Ланка (2017), а также катастрофических землетрясений и оползней в Афганистане (2014), КНР (2014), Непале (2015), Киргизии (2015), Таджикистане (2016) и Эквадоре (2016). В пострадавшие страны самолетами были доставлены гуманитарные грузы, включавшие продовольствие, палатки, электростанции, медикаменты и предметы первой необходимости. Силы МЧС России также участвовали в тушении крупных природных пожаров в Индонезии (2015), Израиле (2016), Чили (2017) и Армении (2017).

³⁴ <http://umo.rshu.ru/content/group>

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 РФ. – 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.

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 2015 год. – М., – 68 с., 2016.

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 (CO₂, CH₄), 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.

Комков В.И. Расчет выбросов парниковых газов и их предшественников от автомобильного 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. ВИНТИ. – 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 постановлением 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.

Патент на изобретение № 2515242, дата регистрации 13.03.2014 г. Способ утилизации газов выветривания. Авторы: Ишков А.Г., Аكوпова Г.С., Круглова Н.Ю., Юлкин Г.М., Арабский А.К., Арно О.Б.

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.

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 автотранспортных 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.

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».

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., 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».

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.

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.

BP Statistical Review of World Energy, 65th Edition, 2016, – 46 p.
(<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>)

COPERT IV. Description of new elements in COPERT 4. – Version 9.0. – November, 2011.

COPERT IV. Компьютерная программа для расчета выбросов, создаваемых дорожным транспортом. Руководство пользователя (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 Methane Releases from Natural Gas Production and Transmission in Russia. Atmospheric Environment, 1999 (33), 3291-3299.

EMEP/EEA. Air pollutant emission inventory guidebook. 2013. EEA Technical report N 12/2013.

Hayhurst A.N., A.D. Lawrence. Emissions of nitrous oxide from combustion sources. Prog. Energy Combust. Sci. 1992, Vol. 18, 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., Fishedick 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., Fishedick 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

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 хладагентов 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.

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).

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.

МГЭИК. Руководящие принципы МГЭИК 2006 года для национальных кадастров парниковых газов. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК-ИГЭС-ОЭСР-МЭА, ИГЭС, Япония, 2006.

Минпромэнерго России, 2006.

Минпромэнерго России, 2007.

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.

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 2005-2015 Статистический сборник, // Росстат, – М.: 2006 – 2016

Росстат. Промышленность России 2005-2014 Статистический сборник // Росстат, – М.: 2006 – 2015.

Росстат. Российский статистический ежегодник 2004-2014. Статистический сборник. Росстат. – М.: 2004 – 2016.

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 2011. Статистический сборник, Росстат. – М.: 2012.

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 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.int/EMEP/CORINAIR4/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, Vilnius.

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.: Гидрометеиздат. 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 (1995b). Сельское хозяйство в России. Стат. сборник. – М.:– 503 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. (1992а). 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., Эмманул 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.

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 не утилизируемой в аграрном секторе страны мортмассы сельскохозяйственных растений // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – СПб: Гидрометеопиздат. 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 (2005-2016). Российский статистический ежегодник. Стат. сборник. – М.

Росстат (2011). Торговля в России. Стат. сборник.– М.:– 519 с.

Росстат (2011-2016). Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. Стат. сборник. – М.: 203-439 с.

Соловьев Г.А., Большева Т.Н., Куракова Н.Г., Степанов А.Л., Шабает 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., Шабает В.П., Степанов А.Л., Большева 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., Klemmedtsson L., Rosswall T. (1985). Preliminary field denitrification studies on nitrate- fertilized and nitrogen- fixing crops // Denitrification in the nitrogen cycle. New York and London: Plenum press. 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.

Благодатский С.А., Ларионова А.А., Евдокимов И.В. (1993) Вклад дыхания корней в эмиссию CO₂ из почвы // Дыхание почвы. Пушкино. 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: Гидрометеиздат.

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 (2002а). Строительство в России. Стат. сборник. – М.: – 254 с.
- Госкомстат России (2002б). 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.

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 карбоонатных 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. (2013a). 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. ХСII. №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.: Гидрометеиздат. – 248 с.

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.

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., Романовская А.А. (2014). Оценка выбросов парниковых газов от торфопереработок 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 CO₂ выщелоченным черноземом при различном его сельскохозяйственном использовании // Науч. Тр. Орлов. Обл. с-х опытной станции. Вып. 7. С. 181-190.

Крестинина 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: ВНИ-АЛМИ, 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 CO₂ из почвы // Дыхание почвы. Пушкино. 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.

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 заправки // Агрохимия. № 7. С. 74-76.

Наумов А.В. (1994). Сезонная динамика и интенсивность выделения CO₂ в почвах Сибири // Почвоведение. № 12. С. 77-83.

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 не утилизируемой в аграрном секторе страны мортмассы сельскохозяйственных растений. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 18. – СПб.: Гидрометеиздат. 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.

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 (1995а). 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 (2003а). 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 (2003с). 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 (2006а). 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 (2007а). 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 (2008а). 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 (2009а). 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 (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.

Российская Федерация (2006). Четвертое национальное сообщение Российской Федерации. – М.

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 CO₂ 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.

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. ЛенинНИИЛХ. 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: Springer – 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>

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.

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. doi:10.1038/sdata.2017.70

Thomas S.C., Martin A.R. Carbon Content of Tree Tissues: A Synthesis // *Forests*. – 2012. – 3. P. 332-352. – doi: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.

Администрация муниципального района Сергиевский Самарской области. (2013). Постановление от 18.12.2013 г. № 1464 «Об утверждении муниципальной программы «Обращение с отходами на территории муниципального района Сергиевский на 2014-2016 годы»» – Электрон. дан. – Режим доступа: Официальный сайт Сергиевского района <http://www.sergievsk.ru/government/programmy/> – Загл. с экрана. – Яз. рус.

Бюро НДТ. (2015а). 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.

Власова И. (2014). Власова И. Свалочный газ преобразуют в электричество. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://gorod-plus.tv/eco/340.html> - Загл. с экрана. – Яз. рус.

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.

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.

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 CH₄ в атмосферу и утилизации биогаза, образующегося при обработке сточных вод в России» НПФ «БИФАР» – М.

ЕМИСС (2017). 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.

Зайцев В.И. (2004). Эко-бюллетень ИНЭКА.

И.С. Гуляева, М.С. Дьяков, Я.Н. Савинова, В.А. Русакова, И.С. Глушанкова. (2012). Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений. Вестн. ПНИПУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – Пермь, 2012. – № 2. – С. 18-32.

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. 1985. Рекомендации по выбору методов и организации удаления бытовых отходов. Утв. Минжилкомхозом РСФСР 15.03.1985.

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.

Министерство ЖКХ РСФСР, Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова. (1980). Инструкция по организации и технологии механизированной уборки населенных мест. – М.

Министерство ЖКХ РСФСР, Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова. (1989). Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов, – М.: АКХ им. Памфилова, 1989.

Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР. (1982). Рекомендации по определению норм накопления твердых бытовых отходов для РСФСР. Утверждены зам. Министра жилищно-коммунального хозяйства РСФСР А.П.Ивановым 9 марта 1982 г.

Минкоммунхоз РСФСР, 1971. Нормы накопления бытовых отходов. Приказ Минкоммунхоз РСФСР от 13.01.1971 N 30

Минрегион России. (2012а). 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.
- Мусорный газ (2016). Мусорный газ для нужд энергетики (2016). – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://climaterussia.ru/ustojchivye-goroda/musornyj-gaz-dlya-nuzhd-energetiki> - Загл. с экрана. – Яз. рус.
- ОАО «Архангельский ЦБК». (2013). Отчет о выбросах парниковых газов за 2012 год.
- Правительство Нижегородской области. (2009). Постановление от 06.03.2009 г. № 104 «Об утверждении областной целевой программы «Развитие системы обращения с отходами производства и потребления в Нижегородской области на 2009-2014 годы»» – Электрон. дан. – Режим доступа: ИСС «Техэксперт» <http://docs.cntd.ru/document/944938361> – Загл. с экрана. – Яз. рус.
- Правительство Республики Калмыкии. (2012). Постановление от 28.06.2012 г. № 229 «О республиканской целевой программе «Комплексная система управления отходами и вторичными материальными ресурсами Республики Калмыкия на 2013-2020 годы» – Электрон. дан. – Режим доступа: ИСС «Техэксперт» <http://docs.cntd.ru/document/460201361> - Загл. с экрана. – Яз. рус.
- Пурим В.Р. (2002). Бытовые отходы. Теория горения. Обезвреживание. Топливо для энергетики. – М., Энергоатомиздат, – 112 с.
- Росстат. (2004а). Российский статистический ежегодник 2004. Статистический сборник – М., ИИЦ «Статистика России», – 725 с.
- Росстат. (2004б). 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. (2009). Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2008 году (по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств). – М.
- Росстат. (2010). Социальное положение и уровень жизни населения России. Стат. сб. 2010, – М., ИИЦ «Статистика России».
- Росстат. (2017). 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. (2017а). База данных показателей муниципальных образований. Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm, открытый
- 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.

Тимонин А.С (2003). Инженерно-экологический справочник. Том 3. Калуга, Издательство Н. Бочкаревой, 2003. - 1024 с.

ФАО (2017) Продовольственная и сельскохозяйственная организация Организации Объединенных Наций. База статистических данных FAOSTAT. Электрон. дан. – Режим доступа: <http://faostat.fao.org>, открытый.

ЦБСД. Центральная база статистических данных Росстата. Электрон. дан. – Режим доступа: <http://cbsd.gks.ru>, 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.

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.

Литература и источники данных к разделу 9

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.

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, 2014.

Литература и источники данных к разделу 10

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. (2005). Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России. – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 198 с.

Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В. (2003). Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу основных лесобразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. Вып. 1 (32). С. 119-127.

МГЭИК (2007). 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>

Рослесхоз (1995а). 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 (1999). Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда на 1 января 1998 г.). Справочник. – М.: ВНИИЦлесресурс. – 650 с.

Рослесхоз (2003). Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда на 1 января 2003 г.). Справочник. – М.: ВНИИЛМ. – 640 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 (2009). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2008 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 260 с.

Росреестр (2010). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2009 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 249с.

Росреестр (2011). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2010 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 257с.

Росреестр (2012). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2011 году. – М.: ФГУП «ФКЦ Земля». – 248 с.

Росреестр (2013). Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2012 году. М. 2013. – 252 с.

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 (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.

Food and Agriculture Organization (2017). FAOSTAT Forestry data. Web site <http://faostat.fao.org/>

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

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. doi:10.1038/sdata.2017.70