Приложение 1
к рекомендациям по проведению
добровольной инвентаризации
объема выбросов парниковых газов
в субъектах Российской Федерации

Справочное руководство по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации

Часть III. Промышленные процессы и использование продукции

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1 ВВЕДЕНИЕ 6
1.1 ВВЕДЕНИЕ 6
1.2 ОБЩИЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ ВОПРОСЫ 7
1.2.1 Определение выбросов от промышленных процессов и сжигания топлива 7
1.2.2 Улавливание и снижение выбросов 8
1.2.3 Источники данных 11
1.3 НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКОПАЕМОГО ТОПЛИВА 14
1.3.1 Типы использования 14
1.3.2 Учёт выбросов CO_2 от использования ископаемого топлива в качестве исходного сырья и восстановителя 16
1.3.3 Выбросы от процессов нефтеперегонки 19
1.4 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОЛНОТЫ И КЛАССИФИКАЦИИ ВЫБРОСОВ CO_2 ОТ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 20
1.4.1 Введение 20
1.4.2 Контроль качества по полноте 21
1.4.3 Отчётность и документация 22
1.5 ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ 23
Глава 2 ВЫБРОСЫ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ 24
2.1 ВВЕДЕНИЕ 24
2.2 ПРОИЗВОДСТВО ЦЕМЕНТА 26
2.2.1 Вопросы методологии 26
2.2.2 Оценка неопределённостей 34
2.3 ПРОИЗВОДСТВО ИЗВЕСТИ 36
2.3.1 Вопросы методологии 36
2.3.2 Оценка неопределённостей 42
2.4 ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛА 43
2.4.1 Вопросы методологии 43
2.4.2 Оценка неопределённостей 47
2.5 ДРУГИЕ ПРОЦЕССЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРБОНАТОВ 48
2.5.1 Вопросы методологии 48
2.5.2 Оценка неопределённостей 54
Глава 3 ВЫБРОСЫ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 56
3.1 ВВЕДЕНИЕ 56
3.2 ПРОИЗВОДСТВО АММИАКА 57
3.2.1 Введение 57
3.2.2 Выбор метода 58

3.2.3 Оценка неопределённостей 63
3.3 ПРОИЗВОДСТВО АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ 64
3.3.1 Введение 64
3.3.2 Выбор метода 65
3.3.3 Оценка неопределённостей 68
3.4 ПРОИЗВОДСТВО АДИПИНОВОЙ (ГЕКСАНДИОНОВОЙ) КИСЛОТЫ 69
3.5 ПРОИЗВОДСТВО КАПРОЛАКТАМА, ГЛИОКСАЛЯ И ГЛИОКСИЛОВОЙ КИСЛОТЫ 69
3.5.1 Введение 69
3.5.2 Капролактам 70
3.5.3 Производство глиоксаля и глиоксиловой кислоты 74
3.6 ПРОИЗВОДСТВО КАРБИДОВ 75
3.6.1 Введение 75
3.6.2 Вопросы методологии 75
3.6.3 Оценка неопределённостей 80
3.7 ПРОИЗВОДСТВО ДИОКСИДА ТИТАНА 80
3.7.1 Введение 80
3.7.2 Вопросы методологии 81
3.7.3 Оценка неопределённостей 84
3.8 ПРОИЗВОДСТВО КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ (КАРБОНАТА НАТРИЯ) 84
3.8.1 Введение 84
3.8.2 Производство кальцинированной соды 85
3.9 НЕФТЕХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПРОИЗВОДСТВО САЖИ 86
3.9.1 Введение 86
3.9.2 Вопросы методологии 91
3.9.3 Оценка неопределённостей 100
3.10 ПРОИЗВОДСТВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ 100
3.10.1 Выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 100
3.10.2 Выбросы от производства других фторсодержащих соединений 104
Глава 4 ВЫБРОСЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 108
4.1 ВВЕДЕНИЕ 108
4.2 ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА, СТАЛИ И ДОМЕННОГО КОКСА 108
4.2.1 Введение 114
4.2.2 Вопросы методологии 121
4.2.3 Оценка неопределённостей 135
4.3 ПРОИЗВОДСТВО ФЕРРОСПЛАВОВ 136
4.3.1 Введение 136

4.3.2 Вопросы методологии ... 137
4.3.3 Оценка неопределённостей ... 143
4.4 ПРОИЗВОДСТВО ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ ... 144
4.4.1 Введение ... 144
4.4.2 Вопросы методологии. ... 144
4.4.3 Оценка неопределённостей ... 155
4.5 ПРОИЗВОДСТВО МАГНИЯ ... 156
4.5.1 Введение ... 156
4.5.2 Вопросы методологии ... 159
4.5.3 Оценка неопределённостей ... 163
4.6 ПРОИЗВОДСТВО СВИНЦА ... 164
4.6.1 Введение ... 164
4.6.2 Вопросы методологии ... 165
4.6.3 Оценка неопределённостей ... 168
4.7 ПРОИЗВОДСТВО ЦИНКА ... 169
4.7.1 Введение ... 169
4.7.2 Вопросы методологии ... 170
4.7.3 Оценка неопределённостей ... 172
Глава 5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТВОРИТЕЛЕЙ И НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКЦИИ ИЗ ТОПЛИВА ... 174
5.1 ВВЕДЕНИЕ ... 174
5.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ... 175
5.2.1 Введение ... 175
5.2.2 Вопросы методологии ... 175
5.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЁРДЫХ ПАРАФИНОВ ... 179
5.3.1 Введение ... 179
5.3.2 Вопросы методологии ... 179
Глава 6 ВЫБРОСЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ... 182
6.1 ВВЕДЕНИЕ ... 182
6.2 ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ ... 182
6.2.1 Выбор метода ... 183
6.2.2 Выбор коэффициентов выбросов ... 188
6.2.3 Выбор данных о деятельности ... 189
Глава 7 ВЫБРОСЫ ФТОРИРОВАННЫХ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ... 190
7.1 ВВЕДЕНИЕ ... 190
7.1.1 Химические вещества и области их применения, рассмотренные в главе ... 190

7.1.2 Общие вопросы методологии для всех заменителей ОРВ 192
7.2 НЕАЭРОЗОЛЬНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ 199
7.2.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения 199
7.2.2 Вопросы методологии 200
7.3 АЭРОЗОЛИ (ПРОПЕЛЛЕНТЫ И РАСТВОРИТЕЛИ) 201
7.3.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения 201
7.3.2 Вопросы методологии 202
7.4 ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ 204
7.4.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения 204
7.4.2 Вопросы методологии 205
7.5 КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА И ОХЛАЖДЕНИЕ 212
7.5.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения 212
7.5.2 Вопросы методологии 214
7.6 ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА (ППЗ) 228
7.6.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения 228
7.6.2 Вопросы методологии 228
Глава 8 ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРУГОЙ ПРОДУКЦИИ 231
8.1 ВВЕДЕНИЕ 231
8.2. ВЫБРОСЫ SF_6 И ПФУ ОТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ 231
8.2.1 Введение 231
8.2.2 Вопросы методологии 232
8.2.3 Оценка неопределенностей 239
8.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SF_6 И ПФУ В ДРУГОЙ ПРОДУКЦИИ 239
8.3.1 Введение 239
8.3.2 Вопросы методологии 240
8.3.3 Оценка неопределённостей 246
8.4 ВЫБРОСЫ N_2O ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ 247
8.4.1 Введение 247
8.4.2 Вопросы методологии 248
8.4.3 Оценка неопределённостей 250
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 252
ПРИЛОЖЕНИЕ. РАБОЧИЕ ФОРМУЛЯРЫ 254

ГЛАВА 1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 ВВЕДЕНИЕ

В разделе «Промышленные процессы и использование продукции (ППИП)» рассмотрены выбросы, связанные с промышленными процессами, использованием парниковых газов в составе продукции и неэнергетическим использованием ископаемого топливного углерода.

Многие виды промышленного производства связаны с выбросами парниковых газов. Основными источниками выбросов являются выбросы от промышленных процессов химической или физической переработки материалов (например, доменные печи в сталелитейной промышленности; аммиак и другие химические продукты из ископаемого топлива, используемого в качестве химического сырья, цементное производство являются важнейшими примерами промышленных процессов, связанных с выбросом значительного количества CO_2). В этих процессах производятся различные парниковые газы, в том числе диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), гидрофторуглероды (ГФУ) и перфтороуглероды (ПФУ).

Кроме того, парниковые газы часто входят в состав такой продукции, как холодильники, пены и аэрозольные баллоны. Например, ГФУ используются в различных типах продукции вместо озоноразрушающих веществ (ОРВ). Гексафторид серы (SF_6) и N_2O также используются в ряде продукции, применяемых в промышленности (например, SF_6 – в электрооборудовании, N_2O – в качестве газа-вытеснителя в аэрозольных продуктах преимущественно в пищевой промышленности), а также в конечных потребляемых продуктах (например, SF_6 применяется в кроссовках, N_2O – для наркоза). Отличительной особенностью такого использования продукции является то, что почти во всех случаях между производством продукта и высвобождением парникового газа проходит достаточно долгое время. Это время отсрочки может варьироваться от нескольких недель (например, для аэрозольных баллонов) до нескольких десятков лет (для жёстких пенопластов). В некоторых сферах применения (например, в холодильных установках) фракция парниковых газов, входящая в состав изделия, может быть извлечена в конце срока использования изделия, а затем использована повторно либо уничтожена. Кроме того, некоторые другие фторированные парниковые газы применяются в особых процессах; например, при производстве полупроводников используется трёхфтористый азот (NF_3) и другие галогенуглероды, не включённые в Монреальский протокол.

Применение продукции объединено в данных методических рекомендациях с промышленными процессами, поскольку во многих случаях для оценки выбросов продукции необходимы данные о производстве, импорте (ввозе) и экспорте (вывозе); и поскольку – помимо применения в непромышленных секторах (розничной торговли, услуг, домашнего хозяйства) – применение продукции может быть частью промышленного производства. Поэтому желательно объединять оценку выбросов, связанных с производством и с использованием продукции.

Неэнергетическое использование ископаемого топлива включает его применение в качестве исходного сырья, восстановителей и неэнергетических продукции благодаря его физическим свойствам, а не с целью сжигания для получения энергии.

В данной главе рассмотрены:

- определение промышленных процессов и структура данных о промышленных процессах и использовании продукции (1.1);
- несколько общих или комплексных вопросов (1.2), в том числе определение для выбросов от промышленных процессов и сжигания топлива (1.2.1) и национальные источники данных, которые могут быть использованы составителями кадастра выбросов парниковых газов (1.2.3);
- характер неэнергетического использования ископаемого топлива (1.3);
- полнота и отнесение выбросов CO_2 от неэнергетического использования топлива (1.4).

КЛАССИФИКАЦИЯ И СТРУКТУРА СЕКТОРА

На рисунке 1.1 показаны структура и коды классификации для каждой категории и подкатегории сектора ППИП.

1.2 ОБЩИЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ ВОПРОСЫ

1.2.1 Определение выбросов от промышленных процессов и сжигания топлива

Распределение выбросов от ископаемого топлива между сектором энергетики и сектором ППИП может быть затруднительно. Применение топлива в качестве исходного сырья или восстановителя часто приводит к образованию газов, которые можно сжигать с целью получения энергии процесса. Равным образом часть исходного сырья может сжигаться для получения тепла. Это может стать причиной неопределённости и неоднозначности в отчётах. Для того чтобы преодолеть это противоречие, в данных Методических рекомендациях рассмотрены практические рекомендации о том, в каких случаях выбросы CO_2 от сжигания топлива относить к категории «сжигание топлива» сектора «Энергетика», а в каких – к категории промышленных процессов. Соответствующее правило представлено в блоке 1.1.

Проблемы, возникающие при отнесении выбросов CO_2 либо к сжиганию топлива, либо к промышленным процессам особенно заметны, если побочное топливо или отработанные газы транспортируют с места производства и сжигают в другом месте, в рамках другого вида деятельности. Поэтому был выработан принципиальный подход, представленный в блоке 1.1, в котором даётся определение для «сжигания топлива», а также критерий отнесения источника выбросов от побочного топлива либо к сектору ППИП, либо к сектору «Энергетика». В разделе 1.3 даны общие сведения о характере неэнергетического использования ископаемого топлива с учётом его использования в качестве исходного сырья и восстановителя; а также о том, как неэнергетическое использование ископаемого топлива связано с его использованием в секторе «Энергетика».

1.2.2 Улавливание и снижение выбросов

Во многих категориях ППИП – особенно в крупных точечных источниках выбросов – возможно улавливание выбросов с целью извлечения и использования парниковых газов или с целью их разрушения. Эффективная практика включает учёт улавливаемых выбросов с использованием детальной информации для конкретного региона или, предпочтительнее, с использованием данных на уровне заводов. Поэтому методы, описанные в разделе ППИП для уровня 1, не пригодны для учёта снижения выбросов такого рода. Улавливание должно учитываться посредством введения в уравнения дополнительного члена, который отражает либо измеренное количество улавливаемых выбросов, либо эффективность очистной системы в сочетании данными о работе этой очистной системы в течение года. Не рекомендуется учитывать улавливание с помощью модифицированного коэффициента выбросов, поскольку при этом снижается прозрачность и повышается вероятность несогласованности во временных рядах.[1]

Если на предприятии используется технология улавливания CO_2, то по правилам эффективной практики следует вычитать количество улавливаемого CO_2 при расчётах выбросов более высокого уровня. Количества CO_2, предназначенные для более позднего использования и для краткосрочного хранения, не следует вычитать из выбросов CO_2 за исключением случаев, когда выбросы CO_2 учитываются в другом месте кадастра[2]. По умолчанию, в приводимых в разделе ППИП методиках считается, что диоксид углерода не улавливается и не размещается на хранение. Любая методика, которая учитывает улавливание CO_2, должна принимать во внимание, что выбросы CO_2, улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с самим технологическим процессом на предприятии. Если требуются данные отдельно о выбросах от промышленных процессов и от сжигания, то составители кадастра не должны допускать того, чтобы одни и те же количества CO_2 были учтены дважды. В таких случаях общее количество улавливаемого CO_2 лучше указывать в соответствующей категории «сжигание топлива» и категории ППИП пропорционально количествам CO_2 в этих категориях источников. Дополнительную информацию об улавливании и хранении CO_2 см. в общей части и в разделе «Энергетика».

Для других газов (кроме CO_2) по правилам эффективной практики необходимо убедиться в том, что более поздние выбросы уловленных газов были учтены по месту образования этих выбросов. Например, ГФУ-23, получаемый в качестве побочного продукта при производстве HCFC-22, извлекается из отходящего газа и затем используется в продуктах или процессах. Методы правильного учёта уловленных газов, рассматриваются в разделе ППИП в тех случаях, если к настоящему времени накоплено достаточно информации.

---

[1] *В таких отраслях как производство азотной кислоты или адипиновой кислоты, стандартной инженерной практикой является проектирование современных предприятий со встроенными средствами очистки выбросов, что часто диктуется необходимостью уничтожения выбросов оксидов азота (NOx). В этих случаях можно использовать коэффициенты выбросов, которые учитывают технологию разрушения при условии, что составители кадастра могут документально подтвердить, что такая технология имеется на предприятии и используется.*

[2] *Например, производство мочевины (раздел 3.2) или использование CO_2 при производстве метанола (раздел 3.9), где CO_2 учитывается в конечном продукте.*

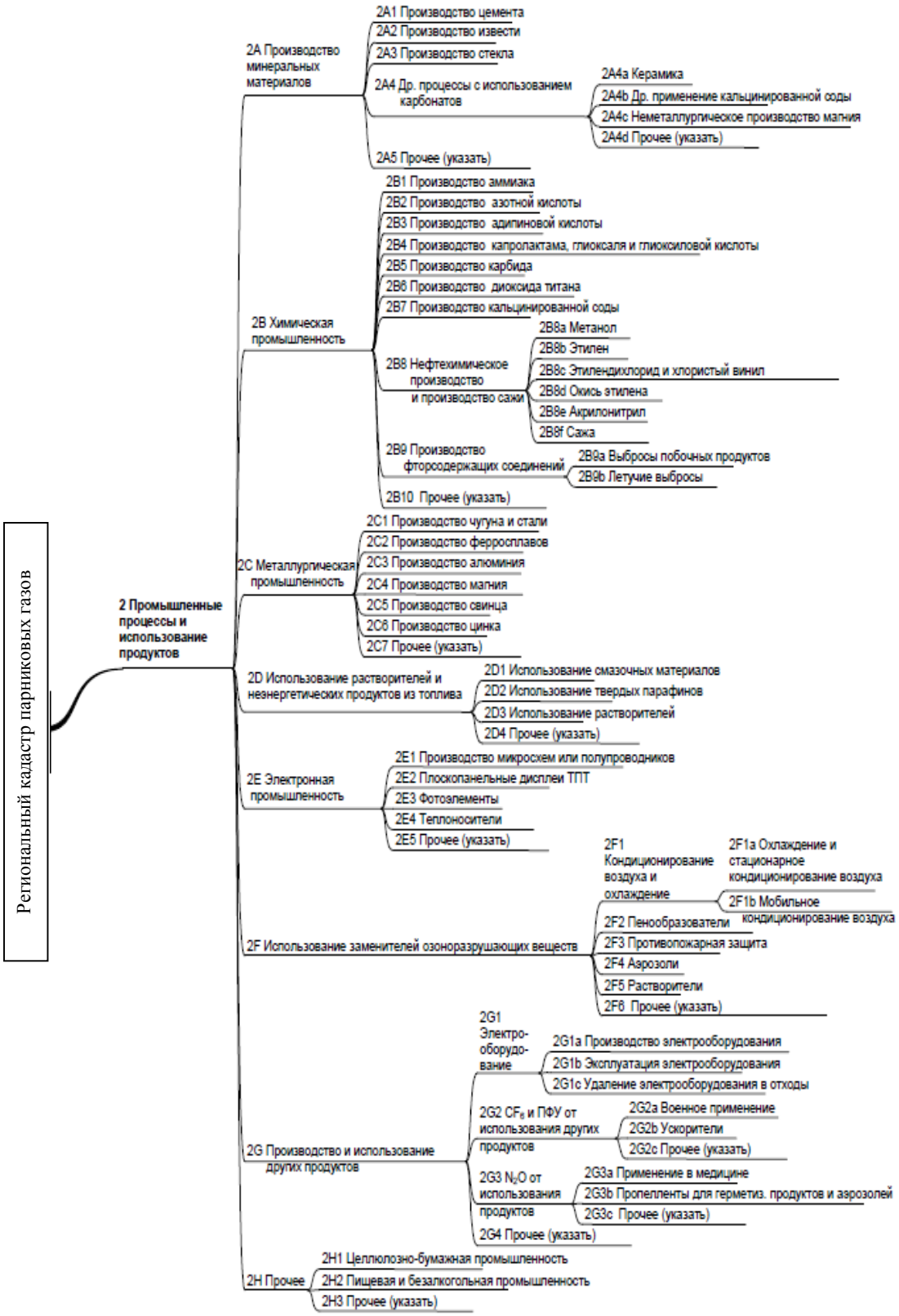


Рисунок 1.1 – Категории промышленных процессов

Нередко частичное или полное снижение выбросов парниковых газов от процесса достигается путём обработки отходящих газов (например, разрушением парниковых газов дожиганием). Такой подход часто применяют к веществам с высоким потенциалом глобального потепления, таким как ПФУ при производстве полупроводников или ГФУ-23 в химической промышленности. Эффективность разрушения в равной степени зависит от рабочей практики и применяемой технологии.

Блок 1.1

Отнесение выбросов CO_2 к выбросам от сжигания топлива или к выбросам от промышленных процессов

Сжигание топлива определяется по функциональному признаку как:

преднамеренное окисление материалов в аппаратах, предназначенных для производства тепла или механической работы для процесса либо для использования вне аппарата.

Целью данного определения является отделение сжигание топлива с целью использования тепла или энергии от тепла или энергии, которые возникают при использовании углеводородов в химических реакциях промышленных процессов.

Топливо для поддержания процесса можно взять прямо из исходного сырья. Например, при производстве аммиака природный газ является и исходным сырьём, и топливом. В других случаях топливо для процесса можно получать непрямым способом, за счёт использования побочного продукта переработки исходного сырья или использования восстановителя. Примерами служат отходящие газы, получаемые при производстве этилена методом парового крекинга нафты, или доменный газ из доменной печи.

В этих видах деятельности выбросы могут быть связаны как со сжиганием топлива, так и с промышленными процессами. Следует отметить, что составление отдельных отчётов по этим двум типам выбросов зачастую бывает трудновыполнимо и невозможно. (См. раздел 1.3.2. далее). При составлении отчётов следует применять следующее правило:

Выбросы от сжигания топлива, полученного прямо или косвенно из исходного сырья для ППИП, как правило, относят к той части категории источника, к которой относится процесс (переработки исходного сырья). Обычно это категории источника 2B и 2C. Тем не менее, если полученное топливо транспортируют для сжигания в другой категории источников, то выбросы относят к соответствующей части категории источника в секторе «Энергетика» (обычно 1A1 или 1A2).

Два примера в качестве иллюстрации этого правила:

1. Если доменный газ полностью сжигается в границах сталелитейной промышленности (например, для нагрева воздуха дутья, энергетических нужд предприятия или для металлообработки), то выбросы относят к подкатегории 2C1 источника ППИП. Если часть газа транспортируют на электростанцию или в расположенный поблизости кирпичный завод для производства тепла, то выбросы относят к подкатегории источников (1A2f или 1A1a).
2. Если избыток метана или водорода, выделяющийся при паровом крекинге нафты, сжигают внутри нефтехимического предприятия для проведения других процессов, то выбросы относят к ППИП, 2B8. Напротив, если газы транспортируют в расположенный недалеко нефтеперегонный завод для использования в качестве топлива, то связанные с этим выбросы относят к подкатегории 1A1b (нефтеперегонка).

1.2.3 Источники данных

Данные для расчета выбросов парниковых газов от сектора ППИП должны быть получены из надежных источников. Такими источниками являются:

1. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Данные промышленной, в том числе региональной, статистики могут быть получены от центрального и региональных органов Росстата. На сайте Росстата (http://www.gks.ru) представлены электронные версии публикаций Росстата. С этого сайта по ссылке можно попасть на сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), где представлены, в частности, данные о промышленном производстве в целом по Российской Федерации и по федеральным округам. На этом же сайте можно найти ссылки на сайты региональных органов Росстата.
2. Ежегодные «Государственные доклады о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации», размещенные на сайте Министерства природных ресурсов и экологии (http://www.mnr.gov.ru/regulatory/) в разделе «Государственные доклады и программы». Информация, которая приводится в этих докладах, может быть полезна для определения компаний и предприятий, осуществляющих деятельность в области черной и цветной металлургии. Кроме того, в докладах приводятся данные об объемах производства цветных металлов.
3. Официальные сайты промышленных компаний и предприятий и представленные на них годовые отчеты для акционеров и инвесторов содержат сведения об объемах производства, применяемой технологии и контактную информацию, необходимую для составления запроса на данные.
4. «Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом» (2006–……) размещен на сайте РКИК ООН (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php).
5. Полезными могут быть отчеты компаний, выполняющих маркетинговые исследования рынков промышленной продукции: исследовательская группа Инфомайн (http://informarket.ru), агентство РБК Research (http://marketing.rbc.ru/), исследовательская компания Research.Techart (http://research-techart.ru) и другие.

Таблица 1.1 – Категории ППИП и возможные выбросы категории ППИП

2 Промышленные процессы и использование продукции [1,2]	CO_2	CH_4	N_2O	ГФУ	ПФУ	SF_6	Другие галогенсодержащие газы
2A Производство минеральных материалов							
2A1: Производство цемента	X	*					
2A2: Производство извести	X	*					
2A3: Производство стекла	X	*					
2A4: Другие процессы с использованием карбонатов							
2A4a: Керамика	X	*					
2A4b: Другое использование кальцинированной соды	X	*					
2A4c: Неметаллургическое производство магния	X	*					
2A4d: Прочее	X	*					
2A5: Прочее	X	*	*				
2B Химическая промышленность							
2B1: Производство аммиака	X	*	*				
2B2: Производство азотной кислоты	*	*	X				
2B3: Производство адипиновой кислоты	*	*	X				
2B4: Производство капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты	*	*	X				
2B5: Производство карбида	X	X	*				
2B6: Производство диоксида титана	X	*	*				
2B7: Производство кальцинированной соды	X	*	*				
2B8: Нефтехимическое производство и производство сажи							
2B8a: Метанол	X	X	*				
2B8b: Этилен	X	X	*				
2B8c: Этилендихлорид и хлористый винил	X	X	*				
2B8d: Окись этилена	X	X	*				
2B8e: Акрилонитрил	X	X	*				
2B8a: Сажа	X	X	*				
2B9:Производство фторсодержащих соединений[3]							
2B9a:Выбросы побочных продуктов[4]				X	X	X	X
2B9b: Летучие выбросы [4]				X	X	X	X
2B10: Прочие	*	*	*	*	*	*	*
2C Металлургическая промышленность							
2C1: Производство чугуна и стали	X	X	*				
2C2: Производство ферросплавов	X	X	*				
2C3: Производство алюминия	X	*			X		
2C4: Производство магния [5]	X			X	X	X	X
2C5: Производство свинца	X						
2C6: Производство цинка	X						
2C7: Прочее	*	*	*	*	*	*	*
2D Неэнергетические продукты, свеянные с использованием топлива и растворителей [6]							
2D1: Использование смазочных материалов	X						
2D2: Использование твёрдых парафинов	X	*	*				
2D3: Использование растворителей [7]							
2D4: Прочее [8]	*	*	*				
2E Электронная промышленность							
2E1:Микросхемы или полупроводники[9]	*		*	X	X	X	X
2E2: Плоскопанельные дисплеи на тонкоплёночных транзисторах [9]				X	X	X	X
2E3: Фотоэлементы [9]				X	X	X	X
2E4: Жидкие теплоносители [10]							X
2E5: Прочее	*	*	*	*	*	*	*

Таблица 1.1 – Категории ППИП и возможные выбросы категории ППИП (продолжение)

2 Промышленные процессы и использование продукции [1,2]	CO_2	CH_4	N_2O	ГФУ	ПФУ	SF_6	Другие галогенсодержащие газы
2F Использование продуктов, заменяющих озоноразрущающие вещества							
2F1: Кондиционирование воздуха и охлаждение							
2F1a: Охлаждение и стационарное кондиционирование воздуха	*			X	X		*
2F1b: Мобильное кондиционирование воздуха	*			X	X		*
2F2: Пенообразователи	*			X	X		*
2F3: Противопожарная защита	*			X	X		*
2F4: Аэрозоли				X	X		*
2F5: Растворители [11]				X	X		*
2F6: Прочее	*	*	*	X	X		*
2G: Производство и использование других продукции							
2G1: Электрооборудование							
2G1a: Производство электрооборудования [12]					X	X	*
2G1b: Использование электрооборудования [12]					X	X	*
2G1c: Утилизация электрооборудования [12]					X	X	*
2G2: SF_6 и ПФУ от использования других продукции							
2G2a: Продукта: военного назначения					*	X	
2G2b: Ускорители частиц [13]					*	X	
2G2c: Прочее					X	X	
2G3: N_2O от использования продукции							
2G3a: Продукта: медицинского назначения			X				
2G3b: Пропелленты для герметизированных продукции и аэрозолей			X				
2G3c: Прочие			X				
2G4: Прочие	*	*		*			*
2H Прочие							
2H1: Целлюлозно-бумажная промышленность[14]	*	*					
2H2: Пищевая и безалкогольная промышленность[14]	*	*					
2H3: Прочее	*	*	*				

[1] *'X' указывает на то, что методическое руководство для этих газов включено в этот том.*

[2] *'*' указывает на газы, которые могут давать выбросы, но методическое руководство для этих газов отсутствует.*

[3] *Методики для уровней 2 и 3 применимы ко всем фторированным парниковым газам, а именно к ГФУ, ПФУ, SF_6, NF_3* и др. *В этих методиках все оценки основаны на измерениях (либо утечек из процессов, либо выбросов) и отражают выбросы, характерные для отдельных процессов. В методе уровня 1 применяются значения по умолчанию для выбросов ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 и для выбросов ГФУ, ПФУ и SF_6 от промышленных процессов. Известно также, что для других материалов (которые производятся по собственным технологиям производителей) применимы общие значения по умолчанию.*

[4] *«Другие галогенсодержащие газы» включают фторированные спирты, фторированные эфиры, NF_3, SF_5, CF_3.*

[5] *Считается, что количества CO_2, который применяется в качестве растворителя для SF_6 и выделяется при производстве магния, весьма незначительны и, как правило, подлежат учёту в других местах кадастра. Здесь «другие галогенсодержащие газы» включают в основном фторированные кетоны.*

[6] *Выбросы от использования исходного сырья в нефтехимической промышленности следует относить к 2B8 «Нефтехимическое производство и производство сажи». Выбросы от некоторых видов использования продукции следует относить к соответствующей категории промышленных источников (например, CO_2 от угольных анодов и электродов относится к 2C «Металлургическая промышленность»).*

[7] *К этой категории относятся только выбросы ЛНОС; прямые выбросы парниковых газов не относятся к этой категории. Поэтому методическое руководство по данной категории не включено в этот раздел..*

[8] *Сюда относятся выбросы от битумного производства, дорожных и кровельных работ. Дополнительную информацию см. в разделе 5.4.*

[9] *«Другие галогенсодержащие газы» включают NF_3, цикло-C_4F_8O и т.д.*

[10] *Здесь «другие галогенсодержащие газы» включают $C_4F_9OC_2H_5$ (ГФЭ-7200), $CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$ (H-Galden 1040x), $CHF_2OCF_2OCHF_2$ (HG-10) и пр.*

[11] *Сюда относятся выбросы от использования фторированных газов в качестве растворителей. Выбросы от аэрозолей, содержащих растворители, лучше относить не к этой категории, а к категории 2F4. Выбросы от использования других растворителей следует относить к 2D3.*

[12] *Во время подготовки Методических указаний не были известно о выбросах «других галогенсодержащих газов», но вероятно в будущем эти газы могут найти применение и будут давать выбросы.*

[13] *Во время подготовки Методических указаний не были известно о выбросах ПФУ и «других галогенсодержащих газов», но вероятно в будущем эти газы могут найти применение и будут давать выбросы.*

[14] *В данноых Методических рекомендациях нет раздела, посвящённого этим категориям, однако методическое руководство по выбросам CO_2 от использования карбонатов в этих отраслях промышленности представлено в разделе 2.5 главы 2.*

1.3 НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКОПАЕМОГО ТОПЛИВА

В разделе 1.1 было отмечено, что некоторые выбросы CO_2 от ископаемого топлива возникают вследствие использования, которое изначально не направлено на энергетические цели, а в этом разделе будут рассмотрены принципы оценки и составления отчётности о таких выбросах. Методы, используемые для оценки выбросов, описаны в специальных главах, посвящённых категориям источников ППИП (главы 3, 4 и 5). В данном разделе приводится дополнительная исходная информация относительно использования данных о неэнергетическом использовании, а также раскрыта связь между этими данными и использованием ископаемого топлива.

Неэнергетическое использование разнообразно и широко распространено, поэтому составление правильной отчётности о неэнергетических выбросах концептуально сложно. По правилам эффективной практики всё ископаемое топливо, поставляемое для неэнергетических целей, должно быть полностью связано с типами использования, которые предусмотрены в кадастре, а количество выбросов должно соответствовать количеству поставленного углерода. Поэтому раздел 1.4 содержит руководство по оценке согласованности и полноты выбросов углерода от использования топлива в качестве исходного сырья для разных подкатегорий и документирования и описания того, каким образом эти выбросы распределены в кадастре.

1.3.1 Типы использования

Некоторые первичные виды топлива (уголь, природный газ) и вторичные виды топлива, получаемые из угля и сырой нефти, используются не в качестве топлива. Такое применение называется неэнергетическим использованием топлива, несмотря на то, что оно может включать сжигание части углеводородного содержимого с целью нагревания.

Различают три категории неэнергетического использования топлива в зависимости от его назначения:

Исходное сырье. Исходным сырьём служит ископаемое топливо, которое используется в качестве исходного материала для химического превращения с целью получения, в первую очередь, органических соединений и, в меньшей степени, неорганических веществ (в основном, аммиака) и других производных. В большинстве случаев часть углерода сохраняется в составе произведённого продукта. Использование углеводородного сырья для химической конверсии почти полностью ограничено рамками химической и нефтехимической промышленности.

Восстановитель. Углерод используется в качестве восстанавливающего агента при производстве различных металлов (глава 4) и неорганической продукции (разделы 3.6 – 3.8). Углерод используется либо непосредственно как восстанавливающий агент, либо косвенно, через промежуточное производство электродов для электролиза. В большинстве случаев лишь небольшое количество углерода переходит в произведённый продукт, при этом большая часть углерода окисляется в восстановительном процессе.

Неэнергетический продукт. Кроме топлива нефтеперегонные заводы и коксовые печи производят также некоторые неэнергетические продукты, которые используют либо напрямую (т.е. без химической конверсии) за их физические свойства или свойства разбавителей, либо продают химическим предприятиям в качестве химического полупродукта. Смазочные материалы и консистентные смазки применяются в двигателях; твердые парафины применяются для изготовления свечей, покрытия для бумаги и т.д.; битум применяется для покрытия крыш и дорог благодаря его гидроизоляционным свойствам и износостойкости. Нефтеперегонные заводы также производят уайт-спириты, которые находят применение благодаря своим растворяющим свойствам.

В этой главе рассмотрены выбросы, связанные с первым применением углеводородов, относящихся к перечисленным трём категориям. В таблице 1.2 представлены типы углеводородов, применяемых в этих трёх категориях, и основные области их применения. Перечень процессов и типов топлива приводится для иллюстрации и не является исчерпывающим, поскольку здесь не рассматриваются некоторые менее распространённые виды применения продукции, получаемой на нефтеперегонных заводах и в доменных печах.

Данный раздел посвящен учету выбросов от промышленных процессов в результате использования ископаемого топлива в качестве исходного сырья и восстановителей (первая и вторая категории в таблице 1.2). Относительно более простые вопросы, касающиеся оценки выбросов от первого использования неэнергетической продукции (третья категория в таблице 1.2), рассмотрены в главе 5 вместе с методами оценки.

В дополнение к выбросам от первого использования углеводородов, продукты, полученные из исходного сырья (метанол, этилен, сажа), и их производные могут давать дополнительные выбросы уже после их производства и продажи. Например, конверсия этилена в окись этилена приводит к значительным выбросам CO_2 от промышленных процессов (раздел 3.9).

Выбросы от последующих применений «использованных» неэнергетических продуктов (отходы после потребления) не включены в этот том, посвящённый сектору ППИП, но рассматриваются в секторах «Энергетика» и «Отходы» в зависимости от того, извлекается или нет энергия при их переработке.

Таблица 1.2 – Типы использования и примеры использования топлива для неэнергетических целей

Тип использования	Примеры типов топлива	Продукт/процесс	Глава
Исходное сырьё	природный газ, масла, уголь	аммиак	3.2
	нафта, природный газ, этан, пропан, бутан, газойль, топливные масла	метанол, олефины (этилен, пропилен), сажа	3.9
Восстановитель	нефтяной кокс	карбиды	3.6
	уголь, нефтяной кокс	диоксид титана	3.7
	доменный кокс, угольная пыль, природный газ	чугун и сталь (первичные)	4.2
	доменный кокс	ферросплавы	4.3
	нефтяной кокс, смола (аноды) [1]	алюминий	4.4
	доменный кокс, уголь	свинец	4.6
	доменный кокс, уголь	цинк	4.7
Неэнергетический продукт	смазочные материалы	смазочные свойства	5.2
	твёрдые парафины	различные (например, свечи, покрытия)	5.3
	битум (асфальт)	дорожные и кровельные покрытия	5.4
	уайт-спирит, некоторые ароматические соединения	в качестве растворителя (краски, химическая чистка)	5.5

[1] *Также используется при вторичном производстве стали (в электродуговых печах) (см. главу 4.2).*

1.3.2 Учёт выбросов CO_2 от использования ископаемого топлива в качестве исходного сырья и восстановителя

Идеально было бы проводить оценку выбросов от использования топлива в качестве исходного сырья и восстановителей на основании данных по конкретным предприятиям, которые используют такие процессы. Однако далеко не всегда имеются все необходимые сведения и, по крайней мере, для некоторых оценок может потребоваться региональная статистика о неэнергетическом использовании топлива. Чтобы определить, какие данные потребуются для оценки выбросов CO_2 от процессов, в которых топливные углеводороды используются в качестве исходного сырья или восстановителя, необходимо понять взаимосвязь между потоками углеводородов и национальными энергетическими данными. Применение термина «неэнергетическое использование» различается для разных стран и источников энергетических данных. Например, три категории, рассмотренные выше, в энергетических статистиках часто не объединяют в одну группу неэнергетического использования. В большинстве энергетических статистик топливо в доменных печах не учитывается как восстановитель, но учитывается конверсия топлива, в результате которой из угля и других исходных материалов полу-

чают доменный газ (см. далее). Такого подхода придерживается и Международное энергетическое агентство (МЭА). В своих отчётах оно выделяет категорию исходное сырье в виде примечания к энергетическому использованию в рамках химической отрасли промышленности, тогда как неэнергетические продукты, как было сказано выше, рассматриваются в графе «неэнергетическое использование».

В российской статистике использование топлива в качестве восстановителя, как правило, рассматривается как энергетическое использование топлива. Статистика использования углеводородов в качестве исходного сырья часто включает и энергетическое использование углеводородов в том же процессе (например, производство аммиака). В российской статистике отсутствует детализация сырьевого использования углеводородов по конечным продуктам, производимым из этого сырья.

Общий углеводородный баланс для процессов, в которых углеводороды используются в качестве исходного сырья/восстановителя, представленный на рисунке 1.2, помогает понять, где лежит граница неэнергетического использования в статистиках разных стран.

В некоторых процессах, использующих углеводороды в качестве исходного сырья, вместе с основными продуктами образуются топливные побочные продукты. Такие побочные продукты сжигаются с целью получения энергии для того же процесса (поток 5), для другого процесса в том же промышленном секторе (поток 6) или в других промышленных секторах (поток 7).

При первичном производстве чугуна в доменных печах кокс используется вместе с другими материалами для восстановления железной руды. Кокс приготавливают из угля в коксовых печах, получая помимо кокса каменноугольный деготь и газ камерных печей. В доменных печах образуется доменный газ. Большая часть чугуна, производимого в доменных печах, идёт на выплавку стали в кислородных конверторах с образованием конвертерного газа, который вмещает большую часть углерода из доменного чугуна. Некоторая часть доменного чугуна направляется в чугунолитейные цеха. В национальных и международных статистиках, с целью поддержания энергетического баланса, сырьё для коксовых и доменных печей, как правило, не считают неэнергетическим использованием (в качестве восстановителя), но рассматривают как энергетические потоки в секторе преобразования энергии. Все продукты этих процессов (кокс, газ из камерных печей, каменноугольный деготь, доменный газ и конвертерный газ) считают продукцией сектора конверсии, за исключением части, потребляемой в самом процессе или других процессах конверсионного сектора. Продукцию конверсионного сектора относят к сектору конечного энергетического использования (в том секторе, где это топливо используется) или к сектору конечного неэнегетического использования (каменноугольный деготь).

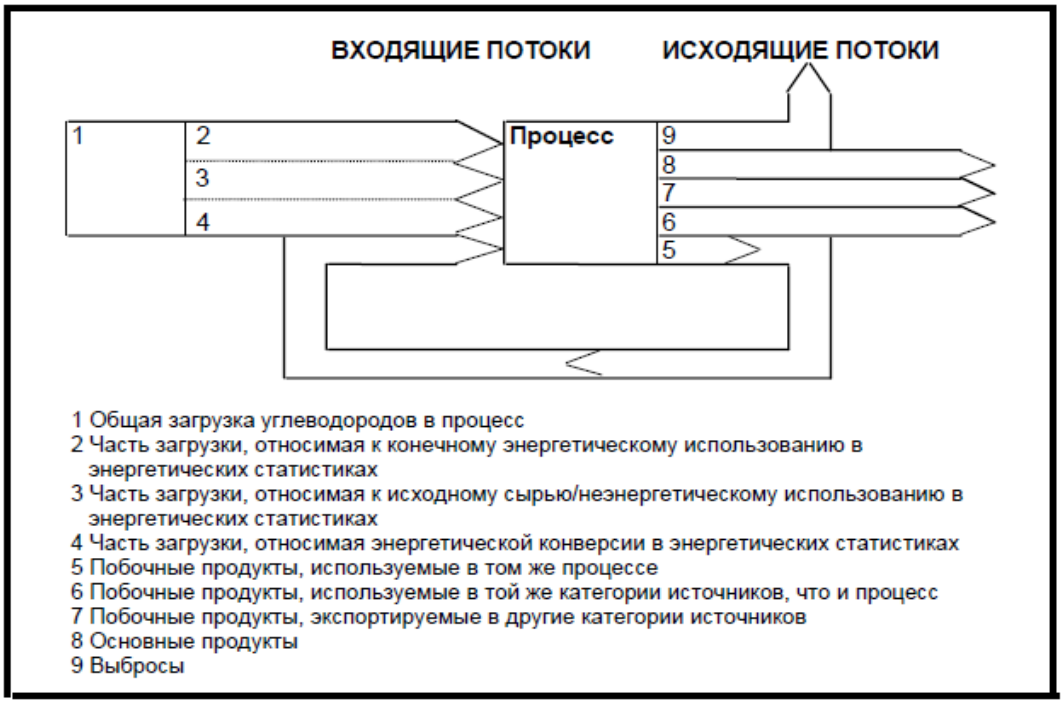


Рисунок 1.2 – Общий материальный баланс промышленных процессов, в которых углеводороды используются в качестве исходного сырья (объемы потоков выбраны произвольно).

При производстве этилена и других основных химических веществ методом парового крекинга, помимо основной продукции, (поток 8) образуются топливные побочные продукты. Топливные побочные продукты частично используются для поддержания эндотермической реакции парового крекинга (поток 5), частично – в качестве топлива для других химических процессов (поток 6) и частично их используют в других секторах (поток 7, например, обратный поток к нефтеперегонным установкам для объединения с перегоняемыми продуктами). В отличие от первичного производства чугуна и стали, конверсию сырьевых углеводородов в топливные побочные продукты часто не относят к процессу энергетической конверсии в национальных энергетических статистиках, потому что данные о производстве топливных побочных продуктов, как правило, недоступны. Вместо этого общее количество загруженных углеводородов (включая углеводороды, которые перейдут в топливные побочные продукты) относят к использованию исходного сырья. В национальных энергетических статистиках тех стран, где известны объёмы производства побочных продуктов, сжигание топливных побочных продуктов может рассматриваться как конечное энергетическое потребление и исключаться из неэнергетического использования.

При производстве синтез-газа, необходимого для получения аммиака, метанола и других химических веществ, углеводороды используются для получения синтез-газа в процессах парового риформинга или частичного окисления. Поскольку паровой риформинг – эндотермический процесс, то часть углеводородов сжигают в печи для поддержания реакции. Таким образом, часть углеводородов превращается в выбросы CO_2 от сжигания топлива, а другая часть образует выбросы от промышленных процессов.

При конвенционном паровом риформинге сжигание и риформинг протекают в разных реакторах, поэтому могут существовать отдельные данные о потреблении углеводородов каждым из этих реакторов. В более совершенных процессах и при частичном окислении намного труднее провести чёткое разделение между выбросами от сжигания и выбросами от промышленных процессов. Согласно правилу отнесения, представленному в блоке 1.1, все выбросы от производства синтез-газа следует учитывать в секторе ППИП.

Другое использование углеводородов в процессах, отличных от рассмотренных здесь, можно также отнести к неэнергетическому использованию в национальных энергетических статистиках. Поэтому схематический рисунок, представленный выше, и описанные выше процессы должны рассматриваться в качестве примеров.

В национальных энергетических статистиках может быть применено брутто-определение «неэнергетического использования» для этих процессов, в котором весь объём потребления углеводородов относится к неэнергетическому использованию. Можно также применять нетто-определение, которое заключается в вычитании из общего количества углеводородного сырья той части, которая была отнесена к конечному энергетическому использованию в процессе. В случае брутто-определения поток 1 приравнивается к потоку 3 на рисунке 1.2, а потоки 2 и 4 отсутствуют. В случае нетто-определения углеводородное сырьё (поток 1) разделяется на неэнергетическое использование (поток 3) и конечное энергетическое использование (поток 2). Кроме чистых брутто- и нетто-определений иногда применяется смешанный подход, в зависимости от имеющихся данных о процессах и топливе. При подготовке кадастра для конкретного региона нужно хорошо понять определение неэнергетического использования, чтобы избежать двойного учёта либо пропуска выбросов CO_2 (см. раздел 1.4). В идеале должны быть известны данные для всех потоков на рисунке 1.2. Однако далеко не всегда доступна вся информация, поэтому рассмотренное выше описание процессов и данных должно создавать ясную картину, необходимую для поиска ключевых данных для инвентаризации выбросов сектора ППИП. Такими ключевыми данными являются количество топливного углерода, введённого в процесс (поток 1), количество углерода в продуктах (поток 8) и количество топливного побочного продукта, используемого в другой категории источников (поток 7; см. также блок 1.1). Оценку выбросов можно также проводить путём вычитания последних двух количеств из первого количества.

1.3.3 Выбросы от процессов нефтеперегонки

Нефтеперегонные заводы выпускают нефтепродукты для топливного и неэнергетического использования и одновременно производят водород, другие газы, полупродукты и основные химические вещества. Выбросы CO_2, связанные с потреблением топлива на поддержания работы нефтеперегонных заводов, относятся к выбросам сектора «Энергетика». Этот принцип реализуется даже в тех случаях, когда часть топлива, потребляемого на нефтеперегонном заводе, используется для поддержания производства химических продукции для продажи (например, пропилена или ароматических

соединений). Обычно основные химические вещества производятся на нефтеперегонных заводах переработкой побочных продукции основного производства; они могут быть использованы в других нефтеперегонных процессах либо транспортированы на соседние нефтехимические заводы. Однако, при условии спроса на основные химические вещества, нефтеперегонные заводы могут приспособить производственный процесс для увеличения выпуска химических веществ с целью прямой продажи на рынке. Несмотря на присутствие этого вида деятельности, использование топлива для поддержки всех процессов всё равно считается топливом для нефтеперегонного завода, и его выбросы относятся к выбросам сектора «Энергетика». Важно понять, что производство основных химических веществ на нефтеперегонных заводах с целью продажи считается вторичным видом деятельности, в отличие от производства химических веществ на соседних или совмещённых нефтехимических заводах. Это согласуется с раздельной статистической классификацией этих двух видов экономической деятельности.

1.4 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОЛНОТЫ И КЛАССИФИКАЦИИ ВЫБРОСОВ CO_2 ОТ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

1.4.1 Введение

Перед составителями кадастра стоит задача свести к минимуму недоучет и не допустить двойного учёта выбросов от продукции, содержащей ископаемый углерод. Важно также определить все источники выбросов и правильно соотнести их с категориями источников.

Для правильного выполнения процедуры КК, необходимо иметь четкое понимание термина «неэнергетическое использование» (включая использование в качестве сырья в различных технологических процессах и использование в качестве восстановителя) и принципов классификации (см. раздел 1.3 выше). Выбросы CO_2, связанные с окислением углерода в каждой из категорий источников выбросов, могут происходить при первом или последующих использованиях получаемой в технологических процессах продукции, а также при их разрушении продукции в конце ее жизненного цикла. Для того чтобы не допустить двойного учёта, важно помнить, что некоторые выбросы CO_2 от продукции, получаемой из ископаемого топлива, учитываются в секторах «Энергетика» и «Отходы».

В общем виде, эффективная практика включает проверку полноты всех видов топлива и источников, рассмотренных здесь, и описание того, как и в каком разделе кадастра они были учтены. Составители кадастра должны убедиться в том, что всё ископаемое топливо, израсходованное на неэнергетические цели, учтено в кадастре, и убедиться в том, что величина выбросов CO_2 в кадастре согласуется с количеством углерода, содержащегося в этом топливе.

В Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006) приведены два возможных подхода к контролю качества (КК), которые должны обеспечить выполнение задачи проверки полноты учета выбросов.

Проверяют, чтобы суммарное, рассчитанное снизу вверх количество выбросов CO_2 от неэнергетического использования ископаемого топлива, в различных подкатегориях, было полным и согласованным.

Проверяют баланс между поставками сырья и потребностью в исходном сырье (если разработчики кадастра располагают для этого соответствующими возможностями). При этом используются те же данные о сырье и о другом неэнергетическом использовании топлива и те же коэффициенты содержания углерода, что и при расчёте исключённого углерода в базовом подходе к оценке CO_2 от сжигания топлива секторе «Энергетика» (см. том 2).

На практике контроль качества является лишь частью процесса разработки кадастра, и разработчики должны найти баланс между требованиями контроля качества, повышения точности и уменьшения неопределенности с одной стороны, и требованиями эффективности использования имеющихся ресурсов и времени, с другой стороны. По этим причинам процедуры КК полноты учета выбросов приводятся в данных методических рекомендациях только в общем виде. Их детальное изложение можно найти в 3 томе Руководящих принципов МГЭИК (Межправительственная, 2006). Дополнительная информация по практическим аспектам приоритизации усилий в области ОК/КК и верификации. кадастра представлена в общей части настоящих методических рекомендаций.

Помимо контроля качества по полноте желательно выполнять контроль документирования и классификации выбросов по категориям источников. При проведении контроля качества классификации выбросов проверяют и сводят вместе информацию о том, в каких разделах кадастра учитываются выбросы от неэнергетического использования топлива, от разрушения продукции, полученной в результате неэнергетического использования и от летучих (фугитивных) выбросов, происходящих при производстве топлива.

1.4.2 Контроль качества по полноте

Проверка полноты учета выбросов CO_2 нацелена на проверку того, чтобы все значительные выбросы CO_2 от первого неэнергетического использования ископаемого топлива были учтены в каком-либо разделе кадастра, причём без двойного учёта. Количество выбросов равно сумме выбросов CO_2 от: (a) топлива, используемого в качестве исходного сырья в химической промышленности; (b) топлива, используемого в качестве восстановителя в металлургии; (c) топливной продукции, окисленной в процессе использования (частично или полностью; прямые выбросы или выбросы углеродсодержащих не-CO_2 газов (ЛНОС, CO и CH_4), которые окисляются в атмосфере).

Последующие выбросы CO_2 могут иметь место в процессе обращения с отходами, если отработанные масла или продукты сжигают. Однако, количество продукции, содержащей ископаемый углерод, которое ежегодно уничтожается в качестве отходов, не равно количеству, которое ежегодно расходуется для первого использования, потому что продукты, содержащие ископаемый углерод, могут быть ввезены в регион или вы-

везены из региона, либо они могут использоваться в течение нескольких лет до момента их уничтожения. Сложности, возникающие в связи с межрегиональными и экспортно-импортными потоками, относятся в равной степени к использованию продукции, изготовленной из исходного сырья, и к ее производным. Поскольку производные продукты также могут быть ввезены или вывезены, то выбросы от их использования (например, от производства окиси этилена или акрилонитрила) нельзя напрямую связывать с первым неэнергетическим использованием ископаемого топлива. По этой причине проверка полноты CO_2 ограничивается первым неэнергетическим использованием ископаемого углерода, которое приводит к выбросам, и не включает выбросы CO_2 от сжигания отходов. Другими неэнергетическими источниками ископаемого CO_2 являются сжигание в факелах, удаление газов и прочие летучие (фугитивные) выбросы категории 1 B, которые также не входят в этот метод проверки полноты.

Проверка баланса исходного сырья концептуально проще и начинается со статистики неэнергетического использования сырья/восстановителей, после чего её сравнивают с отчётной (или предполагаемой) потребностью в сырье для различных промышленных процессов. Если при сопоставлении обнаруживается дисбаланс, это может указывать либо на наличие неучтённых процессов, либо на то, что использованное сырьё было ошибочно учтено в статистике как топливо, использованное в энергетических целях (для сжигания).

1.4.3 Отчётность и документация

Согласно требованиям эффективной практики, в доклад о кадастре следует включать описание методов, применявшихся для расчёта выбросов (в соответствующих разделах доклада о кадастре, относящихся к выбросам по конкретным категориям источников). Также необходимо указывать причину каждого отклонения от классификации, выбросов, принятой МГЭИК (т.е. причину отнесения выбросов к другой категории источников, отличающейся от категории, рекомендованной в настоящих методических рекомендациях), если такие отклонения имеются.

Также рекомендуется сформулировать выводы, из которых должно быть ясно, имеется ли в кадастре значительный недоучёт выбросов CO_2. Если значительные неучтенные выбросы имеются, то следует привести ориентировочные оценку величины неучтённого CO_2 и указать к какой части кадастра относятся неучтенные выбросы.

К внутренней документации, не включаемой в доклад о кадастре, относятся:

Результаты проверки полноты учета выбросов CO_2 (если они имеются), по крайней мере, для базового года (если имеются необходимые данные) и для последнего отчётного года (в табличном формате)

Результаты проверки баланса исходного сырья на полноту (если такая проверка проводилась), в табличном формате, в котором показана разница между ожидаемым потреблением сырья и количеством поставленного сырья, как минимум для базового года (если имеются необходимые данные) и для последнего отчетного года.

Информация о том, к каким конкретно подкатегориям источников выбросов отнесены те или иные выбросы от неэнергетического использования, (опционально); для представления данной информации также рекомендуется табличный формат, например, Таблица 1.6. (Межправительственная, 2006, том 3).

1.5 ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ

Обсуждение общего подхода к анализу ключевых категорий и методы такого анализа представлены в общей части настоящих Методических рекомендаций. Анализ ключевых категорий позволяет разработчикам кадастра правильно распределить имеющиеся ресурсы для обеспечения максимальной точности и достоверности кадастра. К категориям источников выбросов, не являющимся ключевыми, можно применять методы уровня 1, в частности, в случаях, когда использование методов уровня 2 требует значительных затрат ресурсов и времени. В случае если ключевая категория включает в себя несколько подкатегорий, метод Уровня 2 должен применяться, по крайней мере, для подкатегорий с вкладом не менее 25-30% в общий выброс данной ключевой категории. Остальные подкатегории могут быть оценены с применением метода Уровня 1.

Общие принципы оценки и контроля качества, полноты оценок выбросов, согласованности временных рядов, а также вопросы отчетности и документации рассмотрены в общей части настоящих методических рекомендаций. Там же приведены методы выполнения оценок неопределенности выбросов.

ГЛАВА 2 ВЫБРОСЫ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

2.1 ВВЕДЕНИЕ

В этой главе рассмотрены методы оценки выбросов диоксида углерода (CO_2) от использования карбонатного сырья при производстве различных видов продукции. Есть два основных способа высвобождения CO_2 из карбонатов: кальцинирование и выделение CO_2 в реакции с кислотой. Главный процесс, приводящий к высвобождению CO_2 – это кальцинирование карбонатов, в ходе которого, при нагревании, образуется оксид металла. Типичная реакция кальцинирования на примере ископаемого кальцита или карбоната кальция выглядит так:

$$CaCO_3 + \text{нагрев} \rightarrow CaO + CO_2$$

А это пример реакции с кислотой, в результате которой выделяется CO_2:

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

Этот процесс используется во многих отраслях промышленности, но обычно в реакциях с кислотой, проводимых с целью очистки некарбонатного материала, карбонат присутствует в небольших количествах (как примесь). Например, при обработке фосфатных руд серной кислотой с целью получения фосфорной кислоты концентрат фосфата, который обрабатывают кислотой, может включать небольшой процент карбонатных минералов. В целом количество CO_2, которое выделяется при обработке кислотой этих карбонатных примесей, невелико. Поэтому главное внимание в этой главе будет уделено выбросам от кальцинирования карбонатных материалов. Несмотря на то, что процесс высвобождения выбросов при кальцинировании аналогичен для всех категорий производства минеральных материалов, можно выделить три категории источников по их относительному вкладу в глобальные выбросы. Это: производство цемента, производство извести и производство стекла. Помимо этих трёх категорий источников в этой главе рассмотрены выбросы от использования карбонатов в других отраслях, включая производство керамики и неметаллургическое производство магнезии.

Известняк и другие карбонатные материалы потребляют также другие отрасли, не включённые в эту главу. Это использование карбонатов в качестве флюсов[3] и шлакообразователей[4], при выплавке и очистке металлов (например, при производстве чугуна и стали) и в качестве сырья для химической промышленности (например, для производ-

---

[3] *Флюсы – это сырьевые материалы, такие как известняк, доломит, известь и кварцевый песок, которые используются для снижения потребления тепла и для других энергетических требований при термической обработке минерального сырья (например, при плавке металлов). Флюсы могут иметь вторую функцию – функцию шлакообразователя.*

[4] *Шлак – это силикатный расплавленный остаток, получаемый целенаправленно при плавлении металлических руд либо в последующих печах (например, в сталеплавильных) при добавлении шлакообразователя (обычно известь, известняк и/или доломит). Шлак содержит самую большую часть нелетучих примесей, перешедших из руды, а также компоненты производные от флюса, добавляемого в плавильный процесс.*

ства удобрений). Методы оценки выбросов от использования карбонатов, рассмотренные в этой главе, применимы также к этим отраслям. По правилам эффективной практики выбросы от использования известняка, доломита и других карбонатов относят к той категории промышленных источников, где они происходят (например, к сталелитейной промышленности).

Методики оценки выбросов, описанные далее (как и во всём разделе «Промышленные процессы и использование продукции» (ППИП), рассматривают только выбросы, связанные с процессами, и не рассматривают выбросы, связанные с энергией. Составители кадастра должны учитывать энергетические выбросы от этих производств в секторе «Энергетика», не допуская двойного учёта выбросов ни в секторе «Энергетика» ни в секторе ППИП. Например, расчёт выбросов CO_2 от топлива, потреблённого при производстве цемента, следует учитывать, как сжигание ископаемого топлива. Эти связанные со сжиганием выбросы должны быть отнесены к энергетическим выбросам, а не к ППИП (куда относятся только выбросы от кальцинирования).

Таблица 2.1 – Формулы, молекулярные веса и содержание диоксида углерода для основных видов карбонатов*

Карбонат	Название минерала	Молекулярный вес	Коэффициент выброса (тонны CO_2/тонну карбоната)**
$CaCO_3$	Кальцит*** или арагонит	100,0869	0,43971
$MgCO_3$	Магнезит	84,3139	0,52197
$CaMg(CO_3)_2$	Доломит***	184,4008	0,47732
$FeCO_3$	Сидерит	115,8539	0,37987
$Ca(Fe,Mg,Mn)(CO_3)_2$	Анкерит****	185,0225 – 215,6160	0,40822 – 0,47572
$MnCO_3$	Родохрозит	114,9470	0,38286
Na_2CO_3	Карбонат натрия или кальцинированная сода	106,0685	0,41492

** Окончательные результаты (т.е. оценки выбросов) с использованием этих данных следует округлить до не более двух значащих цифр.*

*** Доля выделившегося в атмосферу CO_2 при условии 100%-ного кальцинирования, т.е. 1 тонна кальцита при полном кальцинировании даёт 0,43971 тонны CO_2.*

**** Кальцит – основной минерал в составе известняка. Такие термины, как высокомагнезиальный известняк или доломитовый известняк, относятся к относительно небольшим количествам замещения Ca на Mg в обычно применяемой формуле известняка $CaCO_3$.*

***** Интервал молекулярного веса, показанный для анкерита, предполагает присутствие Fe, Mg и Mn в количествах не менее 1,0 процента.*

Источник: (Межправительственная, 2006)

Несмотря на то, что метан (CH_4) и оксид диазота (N_2O) могут выделяться из тех же категорий производства минеральных материалов, согласно современным научным данным эти выбросы считаются весьма незначительными и поэтому не рассматриваются в этой главе. Выбросы CO_2 могут сопровождать и другие виды деятельности,

связанные с использованием ископаемого сырья, которые здесь не названы; там, где такие виды деятельности известны и могут быть оценены, они должны быть включены в кадастр.

Категории источников в этой главе рассмотрены с позиций общего подхода к методологическим уровням. Уровни 1 и 2 основаны на оценке потреблённого сырья или произведённого продукта, а также на коэффициентах выбросов, которые показывают количество выделившегося CO_2 на единицу массы. Основные расчёты выбросов для всех отраслей, использующих карбонаты, одинаковы. Они основаны на отношении молекулярного веса карбоната и молекулярного веса CO_2**,** которые представлены в таблице 2.1 далее.

2.2 ПРОИЗВОДСТВО ЦЕМЕНТА

2.2.1 Вопросы методологии

При производстве цемента CO_2 образуется в процессе получения клинкера – зернистого промежуточного продукта, который затем тонко измельчают вместе с небольшой пропорцией сульфата кальция [гипса ($CaSO_4$-$2H_2O$) или ангидрита ($CaSO_4$)] и получают гидравлический цемент (обычно портланд). В процессе производства клинкера известняк, который преимущественно состоит из карбоната ($CaCO_3$**),** нагревают (или кальцинируют) и получают известь (CaO) и побочный продукт CO_2**.** CaO затем взаимодействует с оксидом кремния (SiO_2), оксидом алюминия (Al_2O_3) и оксидом железа (Fe_2O_3) сырьевых материалов с образованием клинкерных минералов (главным образом, силикатов кальция). Пропорция карбонатов, отличных от $CaCO_3$**,** в составе сырья, как правило, очень мала. Другие карбонаты (если они присутствуют) являются в основном примесями известняка. Присутствие небольшого количества MgO (обычно 1-2%) в клинкерном процессе полезно, поскольку он работает как флюс, но более высокие количества могут приводить к проблемам с цементом. Цемент можно изготавливать целиком из импортного (или привезенного из другого региона) клинкера, в этом случае можно считать, что цементное предприятие даёт нулевые выбросы CO_2, связанные с процессом. Цементная пыль (ЦП) может образовываться в процессе изготовления клинкера. Оценка выбросов должна учитывать выбросы, связанные с ЦП.

При производстве кладочного цемента не происходит никаких дополнительных выбросов. Если кладочный цемент получают добавлением извести к портландцементу (или клинкеру), то выбросы, связанные с известью, должны быть учтены в графе производство извести. Добавление размолотого известняка к портландцементу или клинкеру для получения кладочного цемента не приводит к дополнительным выбросам.

2.2.1.1 Выбор метода

Если отсутствуют региональные данные о производстве клинкера, необходимо собрать данные о производстве цемента по типам, а также данные о ввозе в регион и вывозе из региона клинкера и использовать метод уровня 1 для оценки выбросов.

В методе уровня 1 оценка выбросов основана на оценке объёмов производства клинкера, которая выполняется исходя из объёмов производства цемента с коррекцией на ввоз в регион и вывоз из региона клинкера. Оценка выбросов на основании только объёмов производства цемента (т.е. применение коэффициента выбросов прямо к количеству выпущенного цемента без предварительной оценки производства клинкера) не приемлема в эффективной практике, поскольку не учитывает ввоз в регион и вывоз из региона клинкера.

В методе уровня 2 выбросы оценивают исходя из объёмов производства клинкера (но не из объёмов производства клинкера, выведенных исходя из объёмов производства цемента) и регионального, национального или принятого по умолчанию коэффициента выбросов. В Российской Федерации производство клинкера учитывается национальной статистикой. Эти данные должны учитываться региональными органами Росстата. Поэтому оценка выбросов по методу уровня 2 будет не только более точной, но и существенно менее трудоемкой.

Если данная категория является *ключевой* для региона, оценка выбросов должна быть выполнена с использованием методов уровня 2 или 3.

Для уровней 2 и 3 следует также вносить поправку на ЦП. Уровень 2 включает дополнительную поправку на выбросы, связанные с ЦП, невозвращаемой в обжиговую печь.

Если на предприятии установлена и используется технология улавливания CO_2**,** то в эффективной практике следует вычитать количество улавливаемого CO_2 в расчётах выбросов более высокого уровня. По умолчанию считается, что CO_2 не улавливается и не размещается на хранение. Любая методика, которая учитывает улавливание CO_2, должна принимать во внимание, что выбросы CO_2 улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с технологическим процессом. Если необходимо проводить отдельный учёт выбросов от промышленных процессов и от сжигания (например, для производства цемента), то составители кадастра должны гарантировать, что одни и те же количества CO_2 не были учтены дважды. В таких случаях общее количество улавливаемого CO_2 лучше указывать в соответствующих категориях сжигания топлива и категориях источников ППИП пропорционально количествам CO_2, произведённым в этих категориях источников.

Метод уровня 1: оценка производства клинкера по производству цемента

Как было отмечено выше, расчёт выбросов CO_2 на основании объёмов производства цемента (т.е. с использованием постоянного коэффициента выбросов, привязанного к цементу) не приемлем в эффективной практике. При отсутствии данных о загрузке карбоната или региональных данных о производстве клинкера, для оценки производства клинкера можно использовать данные о производстве цемента, учитывая при этом количества и типы произведённого цемента, а также содержание в нём клинкера и делая поправку на ввоз и вывоз клинкера из региона. Учёт ввоза и вывоза клинкера очень важен для оценки выбросов от этого источника. Выбросы от производства клинкера, произведенного в другом регионе или стране, не должны включаться в региональную

оценку выбросов, поскольку эти выбросы были произведены и должны быть учтены в другом регионе или стране. Аналогично, выбросы от клинкера, который был вывезен из региона, должны быть включены в региональную оценку выбросов того региона, где этот клинкер был произведён. Затем применяется коэффициент выбросов для производства клинкера, и выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению:

Уравнение 2.1

Уровень 1: оценка выбросов на основании производства цемента

$$Выбросы\ CO_2 = [\sum_i (M_{ci} \bullet C_{cli}) - Im + Ex] \bullet EF_{clc}$$

где:

Выбросы CO_2 – выбросы CO_2 от производства цемента, тонны;

M_{ci} – вес (масса) произведенного цемента типа *i*, тонны;

C_{cli} – фракция клинкера в цементе типа *i*, дробь;

Im – ввоз в регион клинкера, тонны;

Ex – вывоз из региона клинкера, тонны;

EF_{clc} – коэффициент выбросов для клинкера, тонны CO_2/тонну клинкера.

Коэффициент выбросов, принятый по умолчанию, скорректирован на ЦП

Метод уровня 2: использование данных о производстве клинкера

Если полные и подробные данные (включая веса и составы) о карбонатах, израсходованных для производства клинкера не известны (уровень 3) или если строгий подход уровня 3 кажется неудобным по какой-либо другой причине, то для оценки выбросов по правилам эффективной практики используют групповые данные о производстве клинкера на уровне завода или региона и данные о содержании CaO в клинкере, выраженные в виде коэффициента выбросов, по следующему уравнению 2.2:

Уравнение 2.2

Уровень 2: оценка выбросов на основании данных о производстве клинкера

$$Выбросы\ CO_2 = M_{cl} \bullet EF_{cl} \bullet CF_{ckd}$$

где:

Выбросы CO_2 – выбросы CO_2 от производства цемента, тонны;

M_{cl} – вес (масса) произведённого клинкера, тонны;

EF_{cl} – коэффициент выбросов для клинкера, тонны CO_2/тонну клинкера. Этот коэффициент выбросов для клинкера не скорректирован на ЦП;

CF_{ckd} = поправочный коэффициент выбросов для ЦП, относительные единицы (см. уравнение 2.5).

Метод уровня 2 основывается на следующих допущениях относительно производства цемента и клинкера:

1. Преобладающую часть гидравлического цемента составляет – портланд-цемент или аналогичный цемент, для которого требуется клинкер.
2. Содержание CaO в составе клинкера строго ограничено, а содержание MgO очень низкое.

3. Заводы, как правило, могут контролировать в жёстких пределах содержание CaO в загрузке сырья и в клинкере.
4. Даже если для завода выпуск клинкера рассчитывают, а не измеряют напрямую, то несмотря на это, по данным аудита обычно наблюдается хорошее соответствие между этими двумя результатами.
5. Содержание CaO в клинкере, выпущенном на конкретном заводе, практически не меняется на протяжении многих лет.
6. Основным источником CaO для большинства заводов является $CaCO_3$, и можно легко определить количества любых некарбонатных источников CaO, по крайней мере, на уровне завода (см. раздел 2.2.1.2 далее).
7. При производстве клинкера достигается 100% (или очень близкое к 100%) кальцинирование исходного карбонатного материала, включая (обычно в меньшей степени) материальную потерю в системе в виде ЦП, не возвращаемой в процесс.
8. Заводские пылесборники очень хорошо улавливают всю ЦП, однако этот материал не обязательно возвращается в обжиговую печь.

Метод уровня 3: использование данных о карбонатах загрузки

Метод уровня 3 приведен в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

2.2.1.2 Выбор коэффициентов выбросов метод уровня 1

Для уровня 1 в рамках эффективной практики используют допущение о том, что клинкер по умолчанию содержит 65% CaO, что 100% CaO происходит от карбонатного материала, и применяют 2% поправочный коэффициент на ЦП (подробное обсуждение относительно ЦП см. в описании метода уровня 2 далее).

Таким образом, по умолчанию, 1 тонна клинкера содержит 0,65 тонн CaO из $CaCO_3$**.** Этот карбонат состоит из 56,03 вес% CaO и 43,97 вес% CO_2 (таблица 2.1). Количество $CaCO_3$, необходимое для производства 0,65 тонн CaO, (X) равно: X = 0,65/0,5603 = 1,1601 тонн $CaCO_3$ (без округления). Количество CO_2, выделившегося при кальцинировании этого $CaCO_3$ = 1,1601 • 0,4397 = 0,5101 тонн CO_2 (без округления). Принимая поправку в виде дополнительных 2 процентов к расчётному количеству ЦП, получаем округленное значение коэффициента выбросов по умолчанию (EF_{clc}**):**

Уравнение 2.3

Коэффициент выбросов для клинкера

$$EF_{clc} = 0{,}51 \bullet 1{,}02 \text{ (поправка на ЦП)} = 0{,}52 \text{ тонн } CO_2 \text{ /тонн клинкера}$$

В уровне 1 EF_{clc} по умолчанию включает поправку на ЦП. Это отличается от EF_{cl} для уровня 2, в котором ЦП не учитывается. EF_{cl} следует умножить на поправочный коэффициент CF_{ckd} (см. уравнение 2.4) чтобы получить комбинированный *EF* для клинкера и ЦП.

Метод уровня 2:

Коэффициент выбросов для клинкера (EF_{cl}).

В методе уровня 2, если известны региональные данные о содержании CaO в клинкере и о потреблении некарбонатных источников CaO, то по правилам эффективной практики рассчитывают коэффициент выбросов CO_2 для клинкера, специфичный для конкретного региона. Как отмечалось выше, для расчёта коэффициента выбросов для клинкера необходимо знать содержание CaO в клинкере, а также долю CaO, которая перешла из карбонатного источника (обычно $CaCO_3$). Содержание CaO в клинкере обычно составляет от 60 до 67 процентов. На отдельно взятом заводе содержание CaO обычно остаётся стабильным в пределах 1 – 2 процентов. Базовый коэффициент выбросов по умолчанию (рекомендованный для уровня 1) основан на допущении о том, что клинкер на 65% состоит из CaO, что 100% CaO было получено из $CaCO_3$ и, что при обжиге достигается 100% кальцинирование.

Базовый (т.е. не скорректированный на ЦП) коэффициент выбросов (0,51) в уравнении 2.3 означает, что клинкер содержит 65% CaO. Аналогичный расчёт можно выполнить для других значений содержания CaO в клинкере. Например, для клинкера с 60% содержанием CaO, целиком полученного из $CaCO_3$, EF_{cl} (без поправки на ЦП) равен 0,47 и для клинкера с 67% содержанием $CaCO_3$ – EF_{cl} = 0,53.

Если известно, что значительную часть CaO происходит из некарбонатного источника (например, из металлургического шлака или зольной пыли), то следует сначала вычесть этот компонент CaO. Например, если 4% CaO в клинкере, содержащем 65% CaO, получено из шлака, то CaO из карбоната составляет 61%, и расчёт даёт EF_{cl} = 0,48.

В кадастре выбросов парниковых газов Российской Федерации выполнена оценка национального коэффициента выбросов CO_2 от производства клинкера на основании средневзвешенного содержания CaO в клинкере российского производства. Содержание CaO в клинкере российского производства определялось на основании данных о содержании CaO в клинкере, полученных от 19 из 52 действовавших в 2010 г. цементных заводов с долей в производстве клинкера, составляющей 61% суммарного производства клинкера в Российской Федерации. Среднее значение содержания CaO в клинкере рассчитывалось как средневзвешенное с учетом объемов производства клинкера на заводах. Среднее значение содержания CaO в клинкере составляет 65,6%, что соответствует коэффициенту выбросов CO_2, равному 0,5154 тонны CO_2/тонну клинкера (без поправки на ЦП) (Российская, 2006 –…). Это значение коэффициента выбросов является наиболее предпочтительным для использования в региональных оценках выбросов от производства цемента при отсутствии данных о содержании CaO в клинкере, произведенном на цементных заводах региона.

Коэффициент выбросов по умолчанию не включает поправку на MgO. На каждый 1 процент MgO, полученный из карбоната, коэффициент выбросов равен дополнительным 0,011 тоннам CO_2/тонну клинкера (т.е. EF_{cl} = 0,510 + 0,011 = 0,52 тонн CO_2/тонну клинкера). Поскольку MgO также может быть получен из некарбонатного

источника и поскольку содержание MgO в портланд-цементе весьма низкое, то реальное количество MgO из карбоната, по-видимому, очень незначительно. Поскольку допущение о том, что источником CaO на 100% является карбонат, уже даёт завышенную оценку выбросов (вероятно, имеется какой-то небольшой вклад CaO от некарбонатных источников) и поскольку некоторое количество MgO, по-видимому, было произведено из некарбонатного источника, то поправка на MgO не требуется для расчётов 2-го уровня. О неопределённостях, связанных с этими предположениями см. таблицу 2.3.

Поправочный коэффициент для выбросов цементной пыли (CF_{ckd}).

Пыль может образовываться в различных частях линии обжига для получения клинкера. Состав этой пыли может меняться в зависимости от того, где она образуется, но вся она определяется термином «цементная пыль» (ЦП). ЦП состоит из частиц, производных от сырьевых материалов, при этом исходный карбонатный компонент пыли может быть частично кальцинирован. Цементную пыль можно эффективно улавливать с помощью технологии контроля пыли и затем возвращать в обжиговую печь (что чаще встречается на практике) или её можно сразу направлять в обжиговую печь вместе с воздухом для горения, или (после улавливания) её можно отправлять в отходы. Степень возврата ЦП обратно в печь зависит от того, будет ли это влиять на качество клинкера (например, на избыточное содержание щёлочи) или производимого из него готового цемента. В той степени, в которой потери ЦП состоят из кальцинированного сырьевого карбоната, выбросы от этого кальцинированного сырья дают прибавление к выбросам от производства клинкера в расчётах уровня 1 и 2.

Поскольку данные о количестве произведенной ЦП могут быть скудными (за исключением, возможно, отчётности на уровне завода), то оценка выбросов от потери ЦП с использованием значений по умолчанию может считаться эффективной практикой. Количество CO_2 от потерь ЦП может меняться в пределах 1,5% (дополнительного CO_2 по отношению к рассчитанному количеству CO_2 для клинкера) для современного завода или в пределах около 20% для завода, на котором теряется большое количество высоко кальцинированной ЦП. При отсутствии данных поправочный коэффициент для ЦП по умолчанию (CF_{ckd}) равен 1,02 (т.е. к CO_2, рассчитанному для клинкера, добавляется 2%). Если считается, что кальцинированная ЦП не теряется в системе, то поправочный коэффициент для ЦП будет 1,00.

Если данные известны, то поправочный коэффициент (CF_{ckd} в уравнении 2.2) для «потерянных» выбросов CO_2 можно рассчитать по уравнению 2.4.

Уравнение 2.4

Поправочный коэффициент для ЦП, невозвращённой в обжиговую печь

$$CF_{ckd} = 1 + (M_d / M_{cl}) \bullet C_d \bullet F_d \bullet (EF_c / EF_{cl})$$

где:

CF_{ckd} = поправочный коэффициент для выбросов ЦП, относительные единицы;

M_d = вес ЦП, не возвращённой в обжиговую печь, тонны;

M_{cl} = вес произведённого клинкера, тонны;

C_d = доля исходного карбоната в составе ЦП (т.е. перед кальцинированием), дробь;

F_d = доля кальцинированного исходного карбоната в составе ЦП, дробь;

EF_c = коэффициент выбросов для карбоната (таблица 2.1) тонны CO_2/тонну карбоната;

EF_{cl} = коэффициент выбросов для клинкера без поправки на ЦП (т.е. 0,51 тонны; CO_2/тонну клинкера), тонны CO_2/тонну клинкера.

Примечания: *Предполагается, что 100% ЦП уловлено в первый раз. Если какое-то количество ЦП улетает в атмосферу, то должна быть сделана оценка этого количества и включена в* M_d.

Можно сделать допущение о том, что исходный карбонат целиком состоит из $CaCO_3$ и что пропорция исходного карбоната в составе ЦП та же самая, что в исходной смеси, загружаемой в обжиговую печь.

Например, если M_d/M_{cl} = 0,2, C_d = 0,85, F_d = 0,5, исходный карбонат целиком состоит из $CaCO_3$ (следовательно, EF_{cl}=0,4397 тонн CO_2/тонну карбоната), EF_{cl} по умолчанию = 0,51 тонны CO_2/тонну клинкера, то CF_{ckd} = 1,073 (без округления) – то это даёт около 7% выбросов дополнительно к количеству CO_2, рассчитанному только для клинкера.

2.2.1.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для уровня 1 следует собрать данные о типах производимого цемента и о доле клинкера в составе цемента с целью оценки производства клинкера на уровне региона. Самая большая часть производимого в мире гидравлического цемента – это либо портланд-цемент, либо смешанные (композитные) цементы на основе портланд-цемента (т.е. портланд-цемент (или клинкер) плюс пуццолановые или вяжущие добавки), либо цементы кладочного типа (портланд-цемент плюс пластифицирующие материалы, такие как молотый известняк). Если производство цемента невозможно разгруппировать по типам цемента и если есть основания полагать, что помимо портланд-цемента производятся значительные количества смешанных и/или кладочных цементов, то в эффективной практике можно сделать допущение о том, что суммарная фракция клинкера составляет 75%. Если известно, что почти весь производимый цемент – это портланд-цемент, то в эффективной практике по умолчанию считают, что клинкер составляет 95%. К сожалению, даже если типы производимого в регионе цемента известны, фракция клинкера в цементе может значительно меняться в пределах одного типа смешанного или кладочного цемента. В таблице 2.2 представлены пределы содержания клинкера в различных цементах. Необходимо чётко документировать все допущения

относительно состава цемента и фракции клинкера, которые были использованы при оценке выбросов.

Таблица 2.2 – Доля клинкера в смешаном цементе «Recipes» и общем ассортименте продукции (на основании стандартов США ASTM C-150 и C-595; данные для США могут быть использованы в качестве примера для других стран и регионов)

Название цемента	Обозначение	Состав	% клинкера	Примечания
Портланд	'PC'	100% PC	95 – 97 90 – 92	В некоторых штатах США допускается включение 3% молотого доменного шлака Последние стандарты допускают включение <5% молотого известняка
Кладочный	'MC'	2/3 PC	64	меняется в значительной степени
Портланд, модифицированный шлаком	I(SM)	шлак <25%	>70 – 93	
Доменно-шлаковый портланд	IS	шлак 25-70%	28 – 70	
Пуццолановый портланд	IP и P	пуццолан 1540%	28 – 79/81	на основе PC и/или IS
Портланд, модифицированный пуццоланом	I(PM)	пуццолан <15%	28 – 93/95	на основе PC и/или IS
Шлаковый цемент	S	шлак 70+%	<28/29	может использоваться CaO вместо клинкера

ПРОЦЕНТ КЛИНКЕРА В АССОРТИМЕНТЕ ПРОДУКЦИИ

		Процент добавок (пуццолан + шлак) в смешанном цементе*				
Ассортимент продукции (портланд/смешанный цемент)**	0%	10%	20%	30%	40%	75%
100/0	95 – 97	0	0	0	0	0
0/100	0	85,5	76	66,5	57	23,8
15/85	14,2	86,9	78,9	70,8	62,7	26,4
25/75	23,8	87,9	80,8	73,6	66,5	41,6
30/70	28,5	88,35	81,7	75,1	68,4	45,2
40/60	38	89,3	83,6	77,9	72,2	52,3
50/50	47,5	90,3	85,5	80,8 ***	76	59,4
60/40	57	91,2	87,4	83,6	79,8	66,5
70/30	66,5	92,2	89,3	86,5	83,6	73,6
75/25	71,1	92,6	90,1	87,8	85,4	77,1
85/15	80,8	93,6	92,2	90,7	89,3	84,3

Примечания:

** В зависимости от содержания шлака смесь относится к портланд – и/или доменно-шлакововому портланд-цементу.*

За исключением 100%-го портланда, считается, что все остальные портланлд-цементы содержат 95% клинкера.

*** Ассортимент продукции для страны, например, 75 % общего производства составляет портланд, всё остальное – смеси.*

Считается, что все гидравлические цементы – это портланд и/или смеси либо чистый пуццолан. Кладочный цемент – это приблизительно от 60/40 до 70/30 портланда/смеси в колонке «75% добавок». Другие гидравлические цементы (например, глиноземные) приравнены к нулю.

**** Пример: 80,8% – это доля клинкера, если в стране выпускается 50% портланд-цемента и 50% смешанного цемента, при этом смешанный цемент содержит 70% портланда и 30% добавок.*

Источник: (*Межправительственная, 2006*)

В методе уровня 1 также необходимо вводить поправку на ввоз в регион и вывоз из региона клинкера.

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо собрать данные о производстве клинкера. Эффективной практикой считается сбор данных о производстве клинкера непосредственно из региональных статистик или, ещё лучше, от отдельных предприятий. Также предполагается, что составители кадастра будут собирать информацию о содержании CaO в клинкере и о доле этого CaO, полученной из карбоната. Если доступны данные о CaO из некарбонатных источников (например, из шлаков и зольной пыли), то такой CaO не должен включаться в содержание CaO в клинкере, которое используется для расчёта выбросов. По возможности следует собирать данные о количестве собранной ЦП и количестве возвращенной в цикл ЦП на заводах, а также данные о типичном составе ЦП и степени кальцинирования ЦП. Сбор данных от отдельных производителей (если они полные), в отличие от использования статистических данных, снизит неопределенность оценки, поскольку эти данные будут учитывать изменения на уровне заводов.

2.2.1.4 Полнота

При расчётах по методу уровня 1 необходимо делать поправку на ввоз и вывоз клинкера из региона. Если этого не делать, то полученная оценка выбросов от производства цемента будет завышенной или заниженной.

Данные о производстве клинкера имеются в региональных органах Росстата; кроме того, их можно собрать на предприятиях-производителях цемента. В настоящее время в России работают около 60 цементных заводов.

Также необходимо проанализировать вероятность двойного учёта. Например, составители кадастра должны просмотреть статистики, использованные для оценки выбросов от категории «Другие процессы с использованием карбонатов» чтобы выбросы, учтённые в этой категории источника, не включали использование этих карбонатов в цементном производстве. Если карбонаты используются для производства цемента, то выбросы должны учитываться в графе «Производство цемента». Наконец, в этой категории источников необходимо включать только выбросы от производства цемента, связанные с процессом. Для того чтобы избежать двойного учёта, в эффективной практике выбросы, связанные со сжиганием, учитывают в разделе «Энергетика».

2.2.2 Оценка неопределённостей

Оценки неопределённостей для производства цемента вытекают в основном из неопределённостей, связанных с данными о деятельности, и в меньшей степени из неопределённостей, связанных с коэффициентом выбросов для клинкера.

Неопределённости коэффициентов выбросов

Для уровня 1 основной составляющей неопределённости является содержание (доля) клинкера в производимом цементе. Если достоверные данные о ввозе в регион и вывозе из региона клинкера не доступны, то оценка неопределённости для производства

клинкера будет выше. Хотя поправочный коэффициент на ЦП по умолчанию сам по себе содержит очень высокую неопределённость, её влияние на расчёт общих выбросов меньше, чем влияние неопределённости, связанной с долей клинкера. Для уровня 2 основной источник неопределённости связан с определением содержания CaO в клинкере.

Таблица 2.3 – Значения неопределённости по умолчанию для производства цемента

Неопределённость	Комментарий	Уровень
	Химический анализ/состав	
2-7%	Допущение о том, что портланд-цемент содержит 95% клинкера	1
1-2%	Химический анализ клинкера на содержание CaO	2
3-8%	Допущение о том, что клинкер содержит 65% CaO	2
1-3%	Допущение о том, что 100% CaO получено из $CaCO_3$ (неопределённость выше, если в сырье использовали, но не учли золу или шлак)	2
1%	Допущение о том, было достигнуто 100% кальцинирование карбоната, идущего на производство клинкера	2,3
1-3%	Количественное определение керогена (или другого некарбонатного углерода)	3
1-3%	Общий химический анализ количественного содержания карбонатов и типов карбонатов	3
1-5%	Допущение о том, что все карбонаты – это $CaCO_3$ (100%)	3
	Данные о производстве	
1-2%	Отчётные (на уровне завода) данные о производстве цемента	1
35%	Допущение о том, чтовыпускается только портланд-цемент (100%)	1
10%	Использование оценочных данных (национальных статистик) по национальному производству (или сгруппированных данных по заводам)	1,2
Переменная	Использование отчётных, но округлённых, данных о весе цемента или клинкера (например, если в национальном отчёте используются крупные единицы измерения); неопределённость равна одной единице в последней показанной значащей цифре.	1,2
1-2%	Взвешивание или расчёт производства клинкера, при условии полной отчётности	2
1-3%	Неопределённость взвешивания сырьевых материалов на уровне завода	3
	ЦП	
25-35%	Допущение по умолчанию о том, что выбросы от ЦП составляют 2% выбросов от процесса при производстве клинкера. Неопределённость предполагает, что 33 – 50% клинкера не возвращается в цикл. Если ЦП вообще не возвращается в цикл или если процент кальцинирования намного превосходит 50%, то неопределённость может быть 50% и более	
1%	Допущение о том, что исходные компоненты ЦП те же, что и в сырьевой смеси	2,3
1%	Допущение о том, что весь карбонат цементной пыли (кальцинированный и некальцинированный) состоит из $CaCO_3$	2,3
10-35%	Оценка процента кальцинирования ЦП	2,3
20-80%	Допущение о 100%-ном кальцинировании ЦП	2,3
до 60%	Допущение о 50%-ном кальцинировании ЦП	2,3
5%	Взвешивание ЦП, уловленной скрубберами	2,3
1-3%	Взвешивание ЦП, уловленной скрубберами и возвращённой в обжиговую печь	2,3
5-10%	Взвешивание ЦП, уловленной скрубберами и не возвращённой в обжиговую печь (другой вид утилизации)	2,3
10-15%	Оценка веса ЦП, автоматически возвращённой в обжиговую печь	2,3
20-30%	Оценка веса ЦП, если она не была извлечена или уловлена	2,3
	Импорт (ввоз)/экспорт (вывоз)	
10%	Данные о торговле клинкером (если тарифные коды выделены корректно и не включают цемент)	1
50% импорта (по весу)	Завышенная оценка вследствие того, что не был вычтен импорт клинкера из объёмов потребления (это происходит потому что, в уравнении 2.4 CO_2 составляет примерно половину веса клинкера)	1
	Источник: (*Межправительственная, 2006*)	

Если данные о клинкере доступны, то неопределённость коэффициента выбросов равна неопределённости доли CaO и неопределенности допущения о том, что весь CaO был получен из $CaCO_3$ (таблица 2.3).

Неопределённости данных о деятельности

Если данные о производстве клинкера были рассчитаны исходя из производства цемента, то неопределённость данных о деятельности может быть высокой – около 35%. Для уровня 2 неопределённость данных о производстве клинкера составляет около 1-2%. Сбор данных от отдельных производителей (если они полные), в отличие от использования региональных статистических данных, снизит неопределенность оценки, поскольку эти данные будут учитывать изменения на уровне заводов.

Хотя выбросы от ЦП намного меньше, чем выбросы от карбонатов, может присутствовать значительная неопределённость, связанная с оценкой выбросов от ЦП в уровне 2, если заводы не взвешивают ЦП, возвращаемую в обжиговую печь или если на заводах не хватает уловителей ЦП. Если вес и состав ЦП неизвестен на уровне заводов, то неопределённость будет выше. Была сделана попытка приблизительно оценить неопределённости для различных коэффициентов в уравнениях 2.1-2.5 и/или стадий производства клинкера и цемента. В таблице 2.3 представлены приблизительные неопределённости компонентов – эти неопределённости связаны с конкретной стадией или видом деятельности при производстве клинкера. Для количественной оценки неопределённости для производства цемента (клинкера) необходимо объединить неопределённости по умолчанию из таблицы 2.3 в соответствии с инструкцией в соответствующем разделе общей части настоящих Методических рекомендаций. Там, где даны пределы значений неопределённости, следует использовать средние значения, если только условия региона не указывают на то, что должны быть использованы другие значения.

2.3 ПРОИЗВОДСТВО ИЗВЕСТИ

2.3.1 Вопросы методологии

Оксид кальция (CaO или негашёная известь) образуется при нагревании известняка с разложением карбонатов. Этот процесс обычно проводят в шахтных или вращающихся печах при высоких температурах; процесс протекает с выделением CO_2. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к конечному продукту (целлюлоза и бумага, строительные материалы, очистка сточных вод, смягчение воды, контроль pH, закрепление грунта и т.д.), известняк с изначально высоким содержанием кальция перерабатывают согласно следующей реакции:

$CaCO_3$ (известняк высокой чистоты) + нагрев -> CaO (негашёная известь) + CO_2

Доломит и доломитовые (с высоким содержанием магния) известняки также могут быть переработаны при высокой температуре с образованием доломитовой извести (и CO_2) согласно следующей реакции:

$CaMg(CO_3)_2$ (доломит) + нагрев -> CaO-MgO (доломитовая известь) + $2CO_2$.

На том же оборудовании производят гашеную (гидратированную) известь, добавляя стадию гидратирования.

Производство извести состоит из нескольких стадий, включая добычу сырьевых материалов, дробление и сортировку по размеру, кальцинирование сырья с целью получения извести и (при необходимости) гидратирование извести для получения гидроксида кальция.

Оценка выбросов с помощью уровня 2 и уровня 3 должна учитывать выбросы, связанные с образованием известковой пыли ИП.

2.3.1.1 Выбор метода

Имеется три базовых методики оценки выбросов при производстве извести (также как при производстве цемента): метод, основанный на объёме выпуска с использованием значений по умолчанию (уровень 1); метод, основанный на объеме выпуска, в котором оцениваются выбросы от производства CaO и CaO-MgO и национальная или региональная информация для расчёта поправочных коэффициентов (уровень 2); и метод, основанный на загрузке карбонатов (уровень 3). В отличие от уровня 3, где требуется оценка на уровне завода, в уровнях 2 и 3 можно использовать либо региональные, либо (по возможности) заводские статистики. Выбор правильного метода эффективной практики зависит от национальных условий. Если производство извести является ключевой категорией для региона, необходимо выполнять оценку выбросов, используя методы уровня 2 и 3.

Эффективная практика включает оценку доступных региональных статистик на полноту, а также на соотношение известняка к доломиту, которые используются при производстве извести. Некоторые отрасли промышленности производят нетоварные известковые реагенты для собственных нужд (например, в сталелитейной промышленности для использования в качестве шлакообразователя). Всё производство извести (независимо от того, будет она продана или нет) должно быть учтено в подкатегории 2A2 «Производство извести».

Метод уровня 1

Метод уровня 1 основан на применении коэффициентов выбросов по умолчанию к данным о производстве извести на региональном уровне. Хотя для эффективной практики при оценке выбросов по методу уровня 1 не требуется информация о производстве извести по типам извести (например, извести с высоким содержанием кальция, доломитовой извести или гидравлической извести), но там, где имеются данные о типах производимой в регионе извести, они должны использоваться. По правилам эффективной практики нет необходимости учитывать ИП в уровне 1.

Метод уровня 2

Если данные региональной статистики о типах производимой извести доступны, то в эффективной практике оценку выбросов проводят с использованием уравнения 2.5. Для уровня 2 требуется информация о доле, производимой гашёной извести на уровне региона. Следует выяснить типичное отношение производства извести к производству ИП на уровне завода.

Уравнение 2.5

Уровень 2: выбросы, рассчитанные на основании данных региональной статистики о производстве извести по типам извести

$$\text{Выбросы } CO_2 = \Sigma\ (EF_{известь,i} \bullet M_{известь,i} \bullet CF_{ИП,i} \bullet C_{ГАШ,i})$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства извести, тонны;

$EF_{известь,i}$ = коэффициент выбросов для извести типа *i*, тонн CO_2/тонну извести (см. уравнение 2.7);

$M_{известь,i}$ = производство извести типа *i*, тонны;

$CF_{ИП,i}$ = поправочный коэффициент на ИП для извести типа *i*, относительные единицы. Эта поправка может быть учтена аналогично поправке на ЦП (уравнение 2.4, но без коэффициента (E_c/EF_{ci}));

$C_{ГАШ,i}$ = поправочный коэффициент на гашёную известь типа *i*, относительные единицы (см. описание в разделе 2.3.1.3 «Выбор данных о деятельности»);

i = любой тип извести, из перечисленных в таблице 2.4.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

2.3.1.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

Уровень 1 – это метод, основанный на учёте выпускаемой продукции; в нём коэффициент выбросов умножается на общее количество произведённой извести. Коэффициент выбросов основан на стехиометрических отношениях, показанных в таблице 2.4, которые меняются в зависимости от типа производимой извести. Стехиометрическое отношение равно количеству CO_2, которое выделилось из предшественника извести, при допущении, что степень кальцинирования составляет 100% и отсутствует ИП. Например, для получения 1 тонны CaO необходимо кальцинирование 1,785 тонны $CaCO_3$, при этом выделяется 0,785 тонны CO_2 при условии полного кальцинирования.

При отсутствии данных региональной статистики, в рамках эффективной практики делают допущение, что производится 85% извести с высоким содержанием кальция и 15% доломитовой извести. С учётом этого допущения коэффициент выбросов для производства извести для уровня 1 рассчитывают по уравнению 2.6.

Уравнение 2.6

Уровень 1: коэффициент выбросов по умолчанию для производства извести

$$EF_{известь} = 0{,}85 \bullet EF_{известь\ с\ выс.\ сод.\ кальция} + 0{,}15 \bullet EF_{доломит.\ известь} = 0{,}85 \bullet 0{,}75 + 0{,}15 \bullet 0{,}77 = 0{,}6375 + +0{,}1155 = 0{,}75 \text{ тонн } CO_2 \text{ /тонну произведённой извести}$$

Таблица 2.4 – Основные параметры для расчёта коэффициентов выбросов от производства извести

Тип извести	Стехиометрическое отношение [тонны CO_2 на тонну CaO или CaOMgO]	Диапазон содержания CaO [%]	Диапазон содержания MgO [%]	Значение по умолчанию для содержания CaO или CaOMgO [дробь]	Коэффициент выбросов по умолчанию [тонны CO_2 на тонну извести]
Известь с большим содержанием кальция	0,785	93-98	0,3-2,5	0,95	0,75
Доломитовая известь	0,913	55-57	38-41	0,85	0,77
Гидравлическая известь	0,785	65-92	нет данных	0,75	0,59
Источник: (Межправительственная, 2006)					

Метод уровня 2

Аналогично уровню 1, коэффициент выбросов для производства извести в уровне 2 отражает стехиометрические отношения между CO_2 и CaO и/или CaO-MgO, а также поправку на содержание CaO или CaO-MgO в извести. Однако в уровне 2, в отличие от уровня 1, необходимо использовать данные по производству типов извести на региональном уровне. В рамках эффективной практики для вывода коэффициента выбросов и учёта содержания CaO или CaO-MgO используют уравнение 2.7.

Уравнение 2.7

Уровень 2: коэффициенты выбросов для производства извести

$$EF_{известь\ a} = SR_{CaO} \bullet Содержание\ CaO$$

$$EF_{известь\ b} = SR_{CaOMgO} \bullet Содержание\ CaO\ MgO$$

$$EF_{известь\ c} = SR_{CaO} \bullet Содержание\ CaO$$

где:

$EF_{известь\ a}$ = коэффициент выбросов для негашёной извести (известь с высоким содержанием кальция) тонны CO_2/тонну извести;

$EF_{известь\ b}$ = коэффициент выбросов для доломитовой извести, тонны CO_2/тонну извести;

$EF_{известь\ c}$ = коэффициент выбросов для гидравлической извести, тонны CO_2/тонну извести;

SR_{CaO} = стехиометрическое отношение CO_2 и CaO (см. таблицу 2.4), тонны CO_2/тонну CaO;

SR_{CaOMgO} = стехиометрическое отношение CO_2 и CaO-MgO (см. таблицу 2.4), тонны CO_2/тонну CaO-MgO;

Содержание CaO = содержание CaO (см. таблицу 2.4), тонны CaO/тонну извести;

Содержание CaO MgO = содержание CaO-MgO (см. таблицу 2.4), тонны CaO-MgO /тонну извести.

2.3.1.3 Выбор данных о деятельности

Некоторые отрасли промышленности выпускают известь и потребляют её для собственных нужд. Это количество извести может никогда не попасть на рынок. При сборе данных о деятельности по производству извести важно, чтобы была учтена известь, которая продаётся на рынке, а также известь, которая используется предприятием для собственных нужд. Во многих случаях поиск статистики о производстве извести не для продажи может быть очень трудным. Составителям кадастра рекомендуется определять потенциальные отрасли, где может производиться известь не для продажи (например, металлургия, целлюлоза и бумага, рафинирование сахара, осаждённый карбонат кальция, смягчители воды) и выяснять, действительно ли они производят такую известь и учитывается ли эта известь органами Росстата. Поскольку отрасли промышленности и регионы могут сильно различаться по количеству производства нетоварной извести, то для оценки этого вида деятельности невозможно установить значение по умолчанию.

Метод уровня 1

В уровне 1 можно использовать значения по умолчанию для любой из следующих переменных: (1) типы выпускаемой извести и/или (2) доля выпуска гашёной извести. В таблице 2.4 представлены данные о стехиометрических отношениях, пределы содержания CaO и CaO-MgO и получаемые в результате коэффициенты выбросов по умолчанию для основных выпускаемых типов извести. Если отсутствуют разгруппированные данные по отдельным типам извести, то в эффективной практике делают допущение о том, что 85% составляет известь с высоким содержанием кальция и 15% – доломитовая известь, а доля гидравлической извести приравнивается к нулю, если нет другой информации.

Метод уровня 1 для производства извести не включает поправку на ИП. Существует вероятность того, что некоторые источники извести будут исключены из национального кадастра из-за проблем с получением данных о деятельности (см. разделы 2.3.1.4 и 2.3.2.2). Метод уровня 1 может дать сильно заниженную оценку выбросов, если эти вопросы не были исследованы должным образом.

Метод уровня 2

При использовании метода уровня 2 необходимо собрать разгруппированные данные для следующих трёх основных типов негидратированной (негашеной) извести:

известь с высоким содержанием кальция (CaO + примеси);

доломитовая известь (CaO-MgO + примеси);

гидравлическая известь (CaO + гидравлические силикаты кальция), которая представляет собой промежуточный материал между известью и цементом.

Основной причиной необходимости различать три типа негидратированной извести является то, что они имеют различные коэффициенты выбросов. Важно также сделать поправку на процент гидратированной (гашеной) извести в общем производстве

извести. Также как в методе уровня 2 для производства цемента, необходимо собрать данные обо всех некарбонатных источниках CaO.

Значительные количества ИП могут быть произведены в качестве побочного продукта при производстве извести. Количества ИП зависят от типа обжиговой печи и характеристик применяемых карбонатов. Средняя вращающаяся печь производит 9-10% ИП на произведённую тонну извести, или 16-18% от загрузки сырья. Химический состав ИП меняется в зависимости от загрузки сырья, но, как правило, известковая пыль с высоким содержанием кальция может содержать 75% оксида кальция и некальцинированного карбоната кальция вместе взятых (примерно в соотношении 50:50); при этом остальная часть состоит из примесей – оксидов кремния, алюминия и железа, а также серы (в зависимости от используемого топлива). Поправка на ИП в методе уровня 2 аналогична поправке на ЦП в цементном производстве, как по методологии, так и по значениям по умолчанию. По возможности следует собирать данные о типичных соотношениях ИП к количеству произведенной извести и о типичном составе ИП. При отсутствии данных составители кадастра могут сделать поправку на ИП, прибавив 2% (т.е. умножить выбросы на 1,02).

Вертикальные печи шахтового типа производят относительно небольшие количества ИП. По оценкам, поправочный коэффициент на ИП для вертикальных шахтовых печей весьма мал, и его не надо учитывать.

Поправка на долю гашёной извести

Известь с высоким содержанием кальция и доломитовая известь могут быть гидратированы и превращены в гашёную известь, соответственно в $Ca(OH)_2$ или $Ca(OH)_2$-$Mg(OH)_2$. По правилам эффективной практики поправку на гашёную известь учитывают в уровне 2 и, если имеются данные, в уровне 1. Если нет данных для уровня 1, то в эффективной практике делают допущение о нулевом производстве гашёной извести. Если x – это доля гашёной извести, а y – содержание воды в ней, то в эффективной практике количество произведенной гашёной извести умножают на поправочный коэффициент $1 – (x \cdot y)$. Поскольку в огромном большинстве случаев преобладает гашёная известь с высоким содержанием кальция (90%), то значения по умолчанию будут x = 0,10 и y = 0,28 (содержание воды по умолчанию), следовательно, поправочный коэффициент равен 0,97. Этот поправочный коэффициент по умолчанию для гашеной извести можно включить в уравнение 2.5.

2.3.1.4 Полнота

Для эффективной практики необходима полнота данных о деятельности (т.е. о производстве извести). Обычно отчётные показатели производства включают только часть фактического производства – только то, что было продано на рынке. Использование или производство извести в качестве нетоварного промежуточного продукта бывает недостаточно хорошо учтено или отражено в отчётах. Например, многие заводы, выпускающие сталь, синтетическую кальцинированную соду, карбид кальция, оксид магния и металлический магний, а также медеплавильные и сахарные заводы производят известь, но могут не сообщать об этом органам Росстата. Упущение этих данных

может привести к заниженной оценке производства извести в два и более раз. Аналогично, может существовать сельское или кустарное производство извести для санитарных целей или побелки. Всё производство извести должно быть учтено в этой категории источников независимо от того, предназначена известь, полученная в обжиговых печах, для продажи или это нетоварный промежуточный реагент.

Составители кадастра не должны допускать двойного учёта или пропусков выбросов от этой категории источников. Другой потенциальный источник двойного учёта, о котором необходимо помнить, связан с гашёной известью. Производство гашёной извести может оказаться учтенным дважды, если производство извести было скорректировано на гашёную известь, но при этом известь, использованная для получения гашёной извести, уже была включена в цифру общего производства извести.

2.3.2 Оценка неопределённостей

Оценки неопределённостей для производства извести вытекают в основном из неопределённостей, связанных с данными о деятельности, и в меньшей степени из неопределённостей, связанных с коэффициентом выбросов.

2.3.2.1 Неопределённости коэффициентов выбросов

Стехиометрическое отношение в уровне 1 и уровне 2 – это точное число, и поэтому неопределённость коэффициента выбросов – это неопределённость состава извести, особенно неопределённость доли гидравлической извести (неопределённость коэффициента выбросов для гидравлической извести равна 15%, а неопределённость для других типов извести – 2%). Имеется неопределённость, связанная с определением содержания CaO и/или содержания CaO Mg0 в составе производимой извести.

Таблица 2.5 – Значения неопределённостей по умолчанию для расчёта выбросов CO_2 от производства извести

Неопределённость	Комментарий	Уровень
4-8%	Неопределённость предположения о среднем содержании CaO в извести	1, 2
2%	Коэффициент выбросов для извести с большим содержанием кальция	1, 2
2%	Коэффициент выбросов для доломитовой извести	1, 2
15%	Коэффициент выбросов для гидравлической извести	1, 2
5%	Поправка на гашёную известь	1, 2
	Другие ошибки значений, которые возможны, если нетоварное производство извести не оценивается	1, 2, 3
1-2%	Неопределённость данных о производстве извести на уровне завода. Заводы обычно не определяют выпуск с большей точностью, чем эта. При условии полной отчётности.	2
См. таблицу 2.3	Поправка на ИП	2, 3
1-3%	Ошибка вследствие допущения о том, что 100% карбонатного источника составляет известняк (не учитываются другие виды сырья)	3
1-3%	Неопределённость взвешивания сырьевых материалов на уровне завода	3
Источник: (*Межправительственная, 2006*)		

2.3.2.2 Неопределённости данных о деятельности

Неопределённость для данных о деятельности, вероятно, намного выше, чем для коэффициентов выбросов, о чём свидетельствуют опыт по сбору данных о производстве извести (см. выше раздел 2.3.1.4 (Полнота)). Пропуски в учёте нетоварного производства извести могут дать заниженную на порядок оценку выбросов. Поправка на гашёную известь обычно приводит к дополнительной неопределённости.

Как было отмечено выше для ИП, имеется значительная неопределённость, связанная с определением количества выпущенной ИП и со степенью кальцинирования ИП (которая влияет на выбросы). Можно сделать допущение о том, что неопределённость, связанная с оценкой ИП, по крайней мере, равна или выше неопределённости, связанной с ЦП.

Там, где дан диапазон неопределённостей по умолчанию (таблица 2.5), следует использовать среднюю величину, если верхнее или нижнее значения не являются более характерными для конкретного региона.

2.4 ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛА

2.4.1 Вопросы методологии

Многие виды стеклянных изделий и составов используются в промышленных масштабах, при этом стекольная промышленность подразделяется на четыре основных категории – тарное стекло, листовое (оконное) стекло, стекловолокно и стекло специального назначения. Огромное количество промышленного стекла относится к первым двум категориям. Эти две категории используют почти исключительно известково-натриевое стекло, которое состоит из оксида кремния (SiO_2), соды (Na_2O) и извести (CaO) с небольшим количеством оксида алюминия (Al_2O_3) и оксидов других щелочных и щелочноземельных элементов, а также других ингредиентов в меньших количествах. Изоляционное стекловолокно – основной компонент третьей категории – имеет аналогичный состав. Отдельные производители обладают запатентованными рецептурами стекла, но эти рецептуры имеют лишь минимальные отличия от базового состава.

Эта категория источников также включает выбросы от производства стеклянной ваты (категория минеральной ваты), в которой производственный процесс аналогичен производству стекла.

Наибольшую часть стекольного сырья, которое выделяет CO_2 в процессе плавки, составляют известняк ($CaCO_3$), доломит $CaMg\ (CO_3)_2$ и кальцинированная сода (Na_2CO_3). В меньшем количестве выделяют CO_2 такие сырьевые материалы, как карбонат бария ($BaCO_3$), костная зола ($3CaO_2P_2O_5 + XCaCO_3$), карбонат калия (K_2CO_3) и карбонат стронция ($SrCO_3$). Кроме того, для создания восстанавливающих условий в расплав стекла может быть добавлена пыль антрацита или некоторые другие органические материалы; они могут реагировать с кислородом, который присутствует в расплаве стекла, с образованием CO_2.

Поведение этих карбонатов в процессе плавления стекла представляет собой сложную высокотемпературную реакцию, которую невозможно напрямую сравнивать с

реакцией кальцинирования карбонатов с образованием негашёной извести или с обжигом доломитовой извести. Тем не менее, такая плавка (в районе 1500°C) даёт такой же нетто-эффект в пересчёте на выбросы CO_2.

На практике стекло изготавливают не только из сырьевых материалов, но добавляют также некоторое количество стеклянного лома (стеклобоя). В большинстве операций стеклобой используется в максимально доступном количестве; иногда накладывается ограничение по качеству стекла в стеклобое. Доля стеклобоя (процент стеклобоя в загрузке печи) составляет от 0,4 до 0,6 для тарного стекла, которое преобладает в общем производстве стекла. Производители изоляционного стекловолокна обычно используют меньше стеклобоя, тем не менее, они также используют максимальное количество стеклобоя, которое могут купить.

Стеклобой приходит из двух источников: возврат стекла, разбитого на собственном предприятии в процессе производства, или другое (собственное) бракованное стекло, а также стеклобой из посторонних источников – из программ по вторсырью или брокерских услуг по стеклобою. Этот второй источник менее важен для регионов, ы которых утилизация стекла не так распространена. Было показано, что удержание растворённого CO_2 в стекле относительно мало, и его можно проигнорировать при оценке выбросов парниковых газов.

2.4.1.1 Выбор метода

Метод уровня 1

Метод уровня 1 (уравнение 2.8) следует применять в том случае, когда нет данных о производстве стекла по различным технологиям или о карбонатах, использованных при производстве стекла. В методе уровня 1 применяется коэффициент выбросов по умолчанию и пропорция стеклобоя. Неопределённость, связанная с этим методом, может быть намного выше, чем неопределённость, связанная с методами уровня 2 или 3.

Уравнение 2.8

Уровень 1: расчёт выбросов от производства стекла

$$\text{Выбросы } CO_2 = M_g \cdot EF \cdot (1 - CR)$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства стекла, тонны;

M_g = масса произведённого стекла, тонны;

EF = коэффициент выбросов по умолчанию для производства стекла, тонны CO_2/тонну стекла;

CR = доля стеклобоя, использованного в процессе (среднее значение по региону либо значение по умолчанию), дробь.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 представляет собой улучшенный вариант метода уровня 1. Оценка выбросов базируется на данных о различных технологиях производства, применяемых в регионе. Как будет описано ниже, в различных технологиях производства стекла (листовое стекло, тарное стекло, стекловолокно и т. д.) обычно используются различные

типы и отношения сырьевых материалов. В методе уровня 2 применяются коэффициенты выбросов по умолчанию для каждой технологии производства. Оценка выбросов при этом должна быть скорректирована с учётом добавления в печь отходов стекла (стеклобоя) (уравнение 2.9). Если производство стекла является ключевой категорией для данного региона, оценка выбросов должна выполняться по методам уровня 2 или 3.

Уравнение 2.9

Уровень 2: расчёт выбросов от производства стекла

$$\text{Выбросы } CO_2 = \Sigma\ [M_{gi} \bullet EF_i \bullet (1 - CR_i)]$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы $C0_2$ от производства стекла, тонны;

M_{gi} = масса выплавленного стекла типа *i* (например, листового, тарного, стекловолокна и т.д.), тонны;

EF_i = коэффициент выбросов для производства стекла типа *i*, тонны CO_2/тонну выплавленного стекла;

CR_i = доля стеклобоя при производстве стекла типа ***i***, дробь.

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

2.4.1.2. Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В методе уровня 1 к данным по производству стекла в регионе применяется коэффициент выбросов по умолчанию, который основан на «типовой» сырьевой смеси. Типовая содово-известковая загрузка состоит из песка (56,2 вес %), шпата (5,3 вес %), доломита (9,8 вес %), известняка (8,6 вес %) и кальцинированной соды (20,0 вес %). Исходя из этого состава, на одну тонну сырья производится около 0,84 тонны стекла, при этом теряется около 16,7% веса в виде летучих веществ (в данном случае летучие вещества почти полностью состоят из CO_2**).**

Уравнение 2.10

Уровень 1: коэффициент выбросов по умолчанию для производства стекла

$$EF = 0{,}167/0{,}84 = 0{,}20 \text{ тонн } CO_2 \text{ / тонну стекла}$$

Метод уровня 2

В методе уровня 2 коэффициенты выбросов по умолчанию и пропорции стеклобоя применяются к показателям производства различных типов стекла в регионе (таблица 2.6). Если известны региональные данные или данные на уровне заводов, рекомендуется использовать их в дополнение или вместо значений по умолчанию, представленных далее. Пропорции стеклобоя могут значительно меняться.

По правилам эффективной практики используют средние значения диапазона при условии, что другие значения этого диапазона (насколько известно) не являются более правильными для конкретного региона.

Таблица 2.6 – Коэффициенты выбросов по умолчанию и доля стеклобоя для различных типов стекла

Тип стекла	Коэффициент выбросов (кг CO_2/кг стекла)	Доля стеклобоя (типичный диапазон)
Листовое	0,21	10% – 25%
Тарное (бесцветное)	0,21	30% – 60%
Тарное (жёлтое/зелёное)	0,21	30% – 80%
Стекловолокно (марки Е)	0,19	0% – 15%
Стекловолокно (изоляционное)	0,25	10% – 50%
Специального назначения (телевизионные панели)	0,18	20% – 75%
Специального назначения (телевизионные трубки)	0,13	20% – 70%
Специального назначения (столовая посуда)	0,10	20% – 60%
Специального назначения (лаборат./фарм.)	0,03	30% – 75%
Специального назначения (ламповое)	0,20	40% – 70%
Источник: (*Межправительственная, 2006*)		

2.4.1.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Данные о деятельности для уровня 1 включают региональные статистические данные о производстве стекла по весу, а также поправку на количество стеклобоя, использованного при производстве стекла. В уровне 1 делается допущение о том, что пропорция стеклобоя по умолчанию составляет 50%; поэтому чтобы оценить выбросы, данные о массе произведённого стекла на уровне региона умножают на 0,20 • (1 – 0,50) = 0,10 тонн CO_2/тонну стекла. Если для региона известна ежегодная пропорция использования стеклобоя, то рекомендуется модифицировать коэффициент выбросов следующим образом – EF = 0,20 • (1 – пропорция стеклобоя для данного региона).

Метод уровня 2

Для уровня 2 необходимо как минимум собрать данные о количестве стекла, сделанного по различным технологиям, на уровне региона. Данные о стекле часто приводятся в разных единицах (например, в тоннах, бутылках, квадратных метрах и т.д.); эти единицы должны быть переведены в тонны. Если возможно, следует собирать данные на уровне заводов и сгруппировать их до уровня региона.

В государственной статистике России данные о производстве листового строительного стекла представлены в квадратных метрах. Данные о производстве тарного стекла представлены в бутылках и условных банках. Данные о плотности и толщине различных видов строительного стекла, а также средний вес банок и бутылок представлены в таблице 2.7.

Несмотря на то, что уровень 2 предусматривает для стеклобоя коэффициенты по умолчанию, если имеются данные о пропорции стеклобоя для заводов, то рекомендуется использовать такие данные.

Таблица 2.7 – Толщина и плотность листового строительного стекла. Средний вес тарного стекла

Вид стекла	Толщина, мм
Оконное[а]	2-6
Термополированное[а]	6,5-7
Закаленное[а]	> 4,5
Плотность строительного стекла, г/см^3[а]	2,5
Вес условной банки, кг[б]	0,25
Средний вес бутылки, кг[б]	0,43
Источники: *а) Айрапетов Г.А., 2005* *б) Источник: Российская, 2006 – 2014*	

2.4.1.4 Полнота

При оценке выбросов от производства стекла составителям кадастра необходимо рассмотреть несколько вопросов, касающихся полноты данных. Во-первых, стекло производится из различного карбонатного сырья.

Кальцинированная сода во многих случаях является важнейшим сырьём для стекольного производства. Рекомендуется, чтобы составители кадастра убедились в отсутствии двойного учёта выбросов от использования кальцинированной соды – в выбросах от производства стекла (кальцинированная сода должна быть учтена в категории 2А3 (Производство стекла)) и выбросах от «Другого использования кальцинированной соды», о котором речь пойдёт ниже. Важно иметь в виду, что в национальных статистиках могут быть не учтены многочисленные мелкие предприятия (например, по выпуску художественного стекла или стекла специального назначения). Надо добиться того, чтобы вся стекольная промышленность была учтена.

2.4.2 Оценка неопределённостей

Неопределённости коэффициентов выбросов

Аналогично цементу и извести, если выбросы от производства стекла оцениваются по загрузке карбоната (уровень 3), то неопределённость коэффициента выбросов (1-3%) будет относительно низкой, потому что коэффициент выбросов основан на стехиометрическом отношении. Может также присутствовать некоторая неопределённость (1 %), которая связана с допущением о том, что степень кальцинирования загрузки карбонатов равна 100%.

Поскольку оценка выбросов проводится по количеству стекла, выплавленного по каждой технологии, и по коэффициентам выбросов по умолчанию, то неопределённость уровня 2 будет выше, чем неопределённость уровня 3. Можно предполагать, что коэффициенты выбросов будут иметь неопределённость +/– 10%. Из таблицы 2.6 видно, что типичный диапазон для пропорции стеклобоя варьируется в зависимости от типа стекла. Для анализа неопределённости можно допустить, что этот типичный диапазон отражает 95% доверительный интервал.

Неопределённость, связанная с использованием коэффициента выбросов уровня 1 и пропорции стеклобоя, намного выше и может составлять порядка +/– 60%.

Неопределённости данных о деятельности

Данные о производстве стекла обычно бывают достаточно точно измерены (+/-5%) для уровня 1 и уровня 2. Как отмечалось выше, следует быть внимательным, когда данные о деятельности в оригинале были не в массовых единицах, а в штуках (например, в бутылках) или в единицах площади (например, в $м^2$). Если данные о деятельности приходится переводить в единицы массы, то это может дать дополнительную неопределённость.

2.5 ДРУГИЕ ПРОЦЕССЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРБОНАТОВ

2.5.1 Вопросы методологии

Известняк ($CaCO_3$), доломит ($CaMg(CO_3)_2$) и другие карбонаты (например, $MgCO_3$ и $FeCO_3$) – это основные материалы, имеющие коммерческое применение в различных отраслях промышленности.

Помимо уже рассмотренных отраслей промышленности (производство цемента, извести, стекла) карбонаты также используются в металлургии (чугун и сталь), сельском хозяйстве, строительстве и для снижения загрязнения окружающей среды (например, для удаления соединений серы из топочных газов). Как было отмечено во введении к главе, кальцинирование карбонатов при высоких температурах сопровождается выделением CO_2 (таблица 2.1). Следует отметить, что некоторые виды применения карбонатов (например, использование известняка в качестве заполнителя) не даёт выбросов CO_2 и, следовательно, их не следует включать в национальный кадастр парниковых газов (см. таблицу 2.9).

Далее будут рассмотрены общие методы оценки выбросов CO_2 от использования карбонатов в производстве минеральных материалов. Эти методы применимы также для использования карбонатов в качестве флюсов или шлакообразователей в других категориях источников. Рекомендуется рассматривать четыре широкие категории источников: (1) керамика, (2) другое применение кальцинированной соды, (3) производство неметаллургической магнезии и (4) другое применение карбонатов.

Эффективная практика предусматривает описание выбросов от потребления карбонатов в той категории источников, где эти карбонаты были израсходованы и выделился CO_2. Таким образом, если известняк используется для известкования почв, то выбросы должны быть учтены в соответствующей категории сектора «Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования (СХЛХДВЗ). Если карбонаты используются как флюсы или шлакообразователи (например, при производстве чугуна и стали, химических веществ или для снижения загрязнения окружающей среды и т.д.), то выбросы должны быть учтены в тех категориях источников, где карбонаты были использованы. Как было отмечено выше, все товарное и нетоварное производство извести должно быть учтено в пункте «Производство извести». Особые категории источников, описанные далее (керамика, другое использование кальцинированной соды и неметаллургическое производство магнезии) должны быть учтены в категории «Производство минеральных материалов». Категория источников «Прочее» должна вклю-

чать оценку выбросов, которые не попадают ни в одну из главных категорий, перечисленных в таблице 2.9.

Керамика

Керамика включает производство керамических кирпичей (производство силикатных кирпичей не приводит к выбросам CO_2) и кровельной черепицы, глазурованных керамических труб, огнеупорных и керамзитовых изделий, напольной и стеновой плитки, столовых и декоративных предметов (бытовая керамика), керамической сантехники, технической керамики и неорганических абразивных материалов. Выбросы от процесса производства керамики происходят в результате кальцинирования карбонатов глины, а также от добавок. Аналогично процессам производства цемента и извести, карбонаты нагревают до высокой температуры в печи, при этом образуются оксиды и CO_2. Большая часть керамической продукции изготавливается из одного или нескольких типов глины (например, сланцы, огнеупорная глина и комовая глина). Сырьевые материалы объединяют и тонко измельчают в последовательных операциях помола. Размолотые частицы затем сжигают в печи и получают порошок (который может быть разжижен). Затем добавляют добавки, формуют или льют керамическое изделие, обрабатывают на механическом станке для сглаживания острых краёв и получения желаемых свойств керамики.

Выбросы CO_2 происходят в результате кальцинирования сырья (особенно глины, сланцев, известняка, доломита и витерита) и использования известняка в качестве флюса.

Другое использование кальцинированной соды

Кальцинированная сода используется в различных областях, включая производство стекла, мыла и моющих средств, для удаления соединений серы из топочных газов, в производстве химических веществ, целлюлозы, бумаги и других потребительских продукции. Производство и потребление кальцинированной соды (карбонат натрия Na_2CO_3) приводит к выбросам CO_2. Выбросы от производства кальцинированной соды учитываются в «Химической промышленности», а выбросы от её использования учитываются в секторах конечного использования. Выбросы от кальцинированной соды, применяемой в стекольном производстве, уже были учтены выше. Аналогично, если кальцинированная сода используется в других категориях источников, например, в категории химической промышленности, то выбросы должны учитываться в ней же (т.е. в категории использования).

Неметаллургическое производство магнезии

Эта категория источников должна включать выбросы от производства магнезии (MgO), которые не были включены в других местах кадастра.

Магнезит ($MgCO_3$) – один из главных видов сырья при производстве магнезии и, в конечном итоге, плавленой магнезии. Имеется три главных категории продукции магнезии: кальцинированная магнезия, жжёная магнезия (периклаз) и плавленая магнезия. Кальцинированная магнезия используется во многих областях сельского хозяйства и промышленности (добавка к корму для скота, удобрения, электроизоляция и удаление

соединений серы из топочных газов). Жжёная магнезия используется в основном для производства огнеупорных изделий, а плавленая магнезия – в секторе огнеупорных и электроизоляционных материалов.

Магнезию получают кальцинированием $MgCO_3$, в результате которого выделяется CO_2 (таблица 2.1). Обычно при производстве кальцинированной магнезии выделяется 96-98% содержания CO_2, при этом почти 100% CO_2 выделяется в процессе последующего нагревания с образованием жжёной магнезии. Производство плавленой магнезии также приводит к выделению около 100% CO_2.

Прочее

Выбросы могут происходить и в других категориях источников, которые не были рассмотрены выше. При отнесении выбросов к этой категории источников составители кадастра должны быть внимательны, чтобы не допустить двойного учёта выбросов, которые уже были отражены в других категориях источников.

2.5.1.1 Выбор метода

Имеется две основных методики оценки выбросов от использования карбонатов для этих категорий источников. В методе уровня 1 делается допущение, что в качестве карбонатного сырья в промышленности используется только известняк и доломит, и вводится поправка на использование доли известняка и доли доломита по умолчанию. Уровень 2 – это то же самое, что и уровень 1, за исключением того, что должны быть определены конкретные данные о доле известняка и доле доломита.

Уровень 3 можно использовать для одних подкатегорий, а метод уровня 1 или 2 – для других категорий, для которых доступны лишь ограниченные данные. Такой гибридный подход согласуется с эффективной практикой. Выбор метода зависит от региональных условий.

Метод уровня 1

Метод уровня 1 основан на уравнении 2.12.

Уравнение 2.12

Уровень 1: расчёт выбросов по массе потреблённых карбонатов

$$\text{Выбросы } CO_2 = M_c \cdot (0{,}85EF_{1s} + 0{,}15\ EF_d)$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от других процессов с использованием карбонатов, тонны;

M_c = масса потреблённых карбонатов, тонны;

EF_{1s} или EF_d = коэффициент выбросов от кальцинирования известняка или доломита, тонны $C0_2$/тонны карбоната (см. таблицу 2.1).

Следует убедиться в том, что данные о карбонатах отражают количество чистых карбонатов, а не карбонатной породы. Если имеются только данные о карбонатной породе, то по умолчанию полагают, что порода содержит 95% карбоната. Для глин содержание карбонатов по умолчанию равно 10%, если нет другой информации. Каль-

цинированная сода – это карбонат натрия, не известняк и не доломит. Поэтому метод 1 для кальцинированной соды не требует применения пропорций по умолчанию 85%/15%. Выбросы оценивают путём умножения количества потреблённой кальцинированной соды на уровне региона на коэффициент выбросов по умолчанию для карбоната натрия (см. таблицу 2.1).

Средние содержания чистых известняков и доломитов в карбонатном сырье в России, полученные на основании анализа ГОСТов (ГОСТ 23671-79, ГОСТ 23672-79, ОСТ 1485-82, ТУ 14-8-232-77) и данных об использовании карбонатных пород в обжиговых производствах (Бирюлев Г.Н., Гонюх В.М., Корнилов А.В.,1999, Сементовский Ю.В., 1999, Сементовский Ю.В., Бобрикова Е.В. 1998, Шишкин А.В. 1984), приводятся в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Среднее содержание известняков и доломитов в карбонатном сырье, используемом в обжиговых производствах, %

Область использования	Среднее содержание карбонатных пород в сырье
Использование известняков в качестве флюсов в металлургии	96,18
Использование известняков в производстве стекла	98,37
Использование доломитов для производства огнеупоров	90,89
Использование доломитов в производстве стекла	95,88
Источник: (Российская, 2006 –…)	

Метод уровня 2

В методе уровня 2 количество CO_2**,** выделившегося от использования известняка и доломита, оценивают исходя из анализа потребления и стехиометрии химических процессов. В методе уровня 2 используется уравнение подобное уравнению для уровня 1, но в методе уровня 2 требуются данные о количествах известняка и доломита, потреблённых в регионе (уравнение 2.13). В эффективной практике не используют значения по умолчанию для фракции известняка и фракции доломита.

Уравнение 2.13

Уровень 2: метод расчёта для других процессов с использованием карбонатов

$$\text{Выбросы } CO_2 = (M_{1s} \bullet EF_{1s}) + (M_d \bullet EF_d)$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от других процессов с использованием карбонатов, тонны;

M_{1s} или M_d = масса потребленного известняка или доломита, соответственно, тонны (о содержании карбоната в известняке или доломите см. выше);

EF_{1s} или EF_d = коэффициент выбросов от кальцинирования известняка или доломита, соответственно, тонны CO_2/тонну карбоната (см. таблицу 2.1)

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

2.5.1.2 Выбор коэффициентов выбросов уровень 1 и уровень 2

Коэффициент выбросов для методик уровня 1 и уровня 2 рассчитывают по массе CO_2, выделившегося на единицу массы потреблённого карбоната (см. таблицу 2.1). Различие между уровнем 1 и уровнем 2 состоит в данных о деятельности.

2.5.1.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

В методе уровня 1 необходимо собрать данные о деятельности для всего потребления карбонатов, которое сопровождается выбросами (см. таблицу 2.9 о видах использования карбонатов, которые сопровождаются выбросами). В отсутствие лучших данных в рамках эффективной практики делают допущение, что известняк составляет 85% потребления карбонатов и доломит – 15%. Для использования кальцинированной соды составители кадастра должны собрать данные об общем количестве использованной кальцинированной соды на уровне региона или заводов. Для расчета выбросов от глин, применяемых в керамической промышленности, необходимо собрать региональные данные о производстве керамического кирпича, кровельной черепицы, глазурованных керамических труб, керамической плитки и огнеупорных изделий и рассчитать количество потреблённой глины, умножив вес продукции на коэффициент по умолчанию – 1,1.

Метод уровня 2

Эффективная практика предполагает сбор данных о деятельности с целью определения общего количества потреблённых карбонатов в каждом секторе конечного использования. Если данные, необходимые для определения потреблённых карбонатов, не доступны по каждому сектору конечного использования, то в эффективной практике собирают данные о потреблении известняка и доломита на региональном уровне. Аналогично методу уровня 1, если не известна степень кальцинирования, то в рамках эффективной практики делают предположение о том, что достигается 100%-ное кальцинирование. Составители кадастра не должны делать допущение о том, что весь потреблённый в регионе известняк и доломит привел к выбросам CO_2. Например, известняк и доломит часто применяют в качестве заполнителя цемента в ряде процессов, и этот вид использования дроблёного камня не приводит к выбросам (таблица 2.9).

2.5.1.4 Полнота

Нелегко обеспечить полноту учета в отраслях, в которых потребляют (кальцинируют) карбонаты, поскольку существует вероятность заниженной или завышенной оценки. Как неоднократно отмечалось в этой главе, если метод основан на загрузке карбоната, то возможна заниженная оценка общего количества потреблённых карбонатов.

Также имеется вероятность двойного учёта. Составители кадастра должны тщательно проанализировать, каким образом были подготовлены региональные данные об использовании известняка, доломита и других карбонатов.

В Методических рекомендациях рассматриваются две отдельные категории («Другое использование кальцинированной соды» и «Неметаллургическое производство магнезии»), в которых производятся промежуточные продукты, применимые в других категориях источников. В частности, кальцинированная сода используется в различных отраслях, таких как производство стекла, мыла и моющих средств. Составителям кадастра рекомендуется тщательно проанализировать данные для таких категорий источников, чтобы не допустить двойного учёта. Например, если кальцинированная сода используется в производстве стекла, то выбросы должны учитываться в той же категории. Если кальцинированная сода используется в другой отрасли производства минеральных материалов или если недостаточно информации для того, чтобы определить, где она была использована, тогда выбросы должны быть учтены в категории 2A4b (Другое применение кальцинированной соды).

В таблице 2.9 рассматриваются некоторые вопросы, которые должны помочь составителю кадастра сделать правильное отнесение подобных выбросов, не допуская их завышенной или заниженной оценки.

Таблица 2.9 – Карбонаты, дающие и не дающие выбросы при их использовании

Где были использованы карбонаты?	**Даёт ли источник выбросы?**	**Если да, то в каком месте следует учесть выбросы?**
Сельское хозяйство:		
Агротехнический известняк	Да*	СХЛХДВЗ: 3С2 (Известкование)
Минеральный корм и камешки для скармливания домашней птице	Нет	
Другое использование в сельском хозяйстве	Нет	
Химическая промышленность и металлургия:		
Производство цемента	Да	ППИП: 2A1 (Производство цемента)
Производство извести	Да	ППИП: 2A2 (Производство извести)
Обжиг доломита	Да	ППИП: 2A2 (Производство извести), если обжиг вне производства извести, то «Прочее» (2A4d).
Флюсовая порода	Да	ППИП: 2C (Металлургическая промышленность), промышленность по месту потребления; если не учтено в секторе «Энергетика» (для горючих отходящих газов, продаваемых другим потребителям)
Химическое сырье	Да**	Категория источника по месту потребления
Производство стекла	Да	ППИП: 2A3 (Производство стекла)
Поглощение оксида серы	Да*	Категория источника по месту потребления
Удобрения	Да**	ППИП: 2B (Химическая промышленность)
Керамика и минеральная вата:		
Керамика	Да	ППИП: Производство минеральных материалов: 2A4a (Керамика)
Минеральная вата	Да	ППИП: Производство минеральных материалов: 2A3 (Производство стекла) или 2A4d (Прочее), в зависимости от производственного процесса

Где были использованы карбонаты?	**Даёт ли источник выбросы?**	**Если да, то в каком месте следует учесть выбросы?**
Специальное применение:		
Обеспыливание в промышленности минеральных материалов и кислотная обработка воды	Да*	Категория источника по месту потребления
Наполнители асфальта	Нет	
Побелка или заменитель побелки	Нет	
Другие наполнители	Нет	
Строительство:		
Применение в качестве мелкого и крупного минерального заполнителя	Нет	
Другие области применения:		
Обжиг магнезита	Да	ППИП: Производство неметаллургической магнезии 2А4с
Нейтрализация кислоты	Да*	Категория источника по месту потребления
Химические вещества	Нет	
Производство бумаги	Нет	
Абразивы	Нет	
Рафинирование сахара	Да	ППИП: выбросы от производства извести на сахарных заводах должны учитываться в 2А2 (Производство извести); все прочие выбросы – в 2А4 (Другие процессы с использованием карбонатов).
Прочее	Да*, нет	Если да, то ППИП: 2А4 (Другие процессы с использованием карбонатов)
** Выбросы в результате реакции с кислотой.* *** Выбросы могут происходить в результате кальцинирования и/или реакции с кислотой.*		

2.5.2 Оценка неопределённостей

Неопределённости коэффициентов выбросов

Теоретически неопределённость, связанная с коэффициентом выбросов для этой категории источников, должна быть относительно невелика, поскольку коэффициент выбросов равен стехиометрическому отношению, которое отражает количество CO_2**,** выделяющегося при кальцинировании карбоната. На практике неопределённости присутствуют (отчасти) по причине изменения химического состава известняка и других карбонатов. Например, помимо карбоната кальция известняк может включать в меньших количествах магнезит, диоксид кремния и серу. При условии, что данные о деятельности были собраны правильно, и, следовательно, был применён правильный коэффициент выбросов, неопределённость, связанная с коэффициентом выбросов будет ничтожная. Может присутствовать некоторая неопределённость, связанная с допущением о чистоте известняка и доломита в тех случаях, когда доступны данные только о карбонатной породе (+/– 1-5%).

Неопределённости данных о деятельности

Неопределённости данных о деятельности выше, чем неопределённости, связанные с коэффициентами выбросов. При условии, что потребление карбоната распределено между соответствующими потребляющими секторами/отраслями, неопределённость, связанная с взвешиванием и пропорцией карбонатов для любой отрасли будет составлять 1-3%. Неопределённость общего количественного и качественного химического анализа карбонатов также равна 1-3%. Неопределённость, связанная с использованием методов уровня 2 и 1 (включая допущение по умолчанию о том, что соотношение известняка к доломиту равно 85%/15%), меняется в зависимости от условий разных регионов.

Сбор данных о деятельности для использования известняка и доломита может быть затруднен, поскольку имеется много разных областей конечного использования в различных отраслях, причём в некоторых из них выделяется CO_2**,** а в других нет. Если невозможно правильно идентифицировать ни один из видов использования, то неопределённость возрастает.

ГЛАВА 3 ВЫБРОСЫ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

3.1 ВВЕДЕНИЕ

В разделах 3.2-3.10 представлено руководство по оценке выбросов парниковых газов, происходящих в результате производства различных органических и неорганических веществ, которые, как свидетельствует опыт, вносят значительный вклад в мировые, национальные и региональные выбросы парниковых газов.

Раздел 3.2 посвящён выбросам от производства аммиака.

Раздел 3.3 посвящён выбросам от производства азотной кислоты.

Раздел 3.4 посвящён выбросам от производства адипиновой кислоты.

Раздел 3.5 посвящён выбросам от производства капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты.

Раздел 3.6 посвящён выбросам от производства карбида.

Раздел 3.7 посвящён выбросам от производства диоксида титана.

Раздел 3.8 посвящён выбросам от производства карбоната натрия (кальцинированной соды).

Раздел 3.9 посвящен выбросам от ключевых процессов нефтехимического производства и производства сажи, т.е. от производства метанола, этилена и пропилена, этилендихлорида, этиленоксида (оксирана, окиси этилена), акрилонитрила и сажи (технического углерода).

Раздел 3.10 посвящён выбросам от производства фторированных соединений, т.е. выбросам ГФУ-23 при производстве ГХФУ-22 и выбросам летучих и побочных продуктов при производстве других фторированных соединений, включая гидрофторуглероды (ГФУ) и гексафторид серы (SF_6).

На практике выбросы CO_2, связанные с участием углерода в химических реакциях и в сжигании с целью получения энергии для проведения реакции могут быть тесно взаимосвязаны между собой. Это может привести к ошибкам в оценке выбросов CO_2, связанным с:

- двойным учетом выбросов диоксида углерода (CO_2) в секторе ППИП и в секторе «Энергетика»;
- недооценкой выбросов CO_2.

В связи с этим следует уделять особое внимание определению источников выбросов CO_2 и корректности их оценок. Если на химическом предприятии внедрена технология улавливания CO_2, то количество фактически улавливаемого CO_2 следует вычитать при расчётах выбросов. При этом количество улавливаемого диоксида углерода определяется инструментально и подтверждается протоколами проведенных измерений. Руководство, посвящённое улавливанию и последующему разрушению или использованию ГФУ-23 или других фторсодержащих веществ, представлено в разделе 3.10. Однако, стоит принимать во внимание, что выбросы CO_2 улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с технологическим процессом.

Если необходимо проводить отдельный учёт выбросов от промышленных процессов и от сжигания (например, в нефтехимической промышленности), то составители кадастра должны гарантировать, что одни и те же количества CO_2 не были учтены дважды. В таких случаях общее количество улавливаемого CO_2 лучше указывать в соответствующих категориях сжигания топлива и категориях ППИП пропорционально количествам CO_2**,** произведённым в этих категориях источников. По умолчанию настоящей методикой предусматривается, что CO_2 не улавливается и не размещается на хранение.

3.2 ПРОИЗВОДСТВО АММИАКА

3.2.1 Введение

Аммиак (NH_3) является одним из основных веществ, применяемых в промышленности, и наиболее важным источником связанного азота для дальнейшего производства азотсодержащих соединений. Газообразный аммиак используется как удобрение, при производстве бумажной массы, азотной кислоты и нитратов, эфиров азотной кислоты и нитросоединений, взрывчатых веществ различного типа, а также в качестве хладагента. Из аммиака получают амины, амиды и многие другие органические соединения, например, мочевину (Межправительственная, 2006). Россия является крупным производителем аммиака, обеспечивая не только внутренние потребности страны, но и значительные экспортные поставки за рубеж (Золотарев П. с соавт., 2003).

Вопросы методологии

Производство аммиака может представлять собой крупный неэнергетический источник промышленных выбросов CO_2**.** Современный процесс промышленного получения аммиака основан на его прямом синтезе из азота (N_2) и водорода (H_2). Производство аммиака в промышленных условиях в общем виде включает следующие основные стадии (Межправительственная, 2006; ИнфоМайн, 2013; Мельников Е.Я. с соавт.,1983; Фримантл М., 1998; Бесков В.С., 1999):

1) очистка природного газа от сернистых соединений каталитическим гидрированием их до H_2S с его последующим поглощением ZnO;
2) каталитическая паровая конденсация природного газа при повышенном давлении в трубчатой печи (первичный риформинг: $CH_4+H_2O=CO+3H_2$; $CO+H_2O=CO_2+H_2$);
3) каталитическая паровоздушная конверсия остаточного метана в шахтном конверторе (вторичный риформинг) при повышенных давлении и температуре (на этом этапе водород обогащается азотом воздуха для получения смеси состава H_2:N_2 = 3, поступающей на синтез NH_3);
4) каталитическая конверсия CO в присутствии водяных паров до CO_2 и H_2 сначала при температуре более 400°C на катализаторе Fe-Cr, затем при температуре 200-260°C на катализаторе Zn-Cr-Cu;
5) очистка H_2 от CO_2 адсорбцией раствором моноэтаноламина (МЭА) или горячим раствором K_2CO_3 или сульфинола (алканоламин и тетрагидротиофендиоксид) или других веществ;

6) очистка газа от остаточных CO и CO_2 путем каталитического гидрирования;
7) компримирование очищенного газа до 30 МПа и каталитический синтез аммиака при 420-500°С.

В результате химических реакций в качестве побочного продукта синтеза водорода образуется диоксид углерода (CO_2) – это основной источник прямых выбросов парниковых газов при промышленном производстве аммиака. Для поддержания необходимых технологических параметров процесса используется энергия, получаемая в результате сжигания топлива. Все выбросы от производства аммиака: выбросы, связанные с химическим процессом, и выбросы в результате сжигания топлива должны учитываться в секторе ППИП.

Заводы, использующие для производства аммиака готовый водород и не производящие его из углеводородов, не дают выбросов CO_2 от процесса синтеза аммиака. Некоторое количество CO_2 также может выделяться на стадии очистки водорода от диоксида углерода при регенерации CO_2 из промывного раствора скруббера; в меньшем количестве выбросы происходят при отгонке конденсата (Межправительственная, 2006; Мельников Е.Я. с соавт.,1983; Фримантл, – М.: 1998).

Если на предприятии установлена и используется технология улавливания CO_2, то в эффективной практике при расчете выбросов 2 уровня следует вычитать количество улавливаемого CO_2. В большинстве случаев методики, которые учитывают улавливание CO_2, должны принимать во внимание, что выбросы CO_2, улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с процессом. Однако в случае производства аммиака нет разницы между выбросами от топлива и от исходного сырья – все они учитываются в секторе ППИП. Подобным же образом, весь уловленный CO_2 должен быть учтён в секторе ППИП. Дополнительную информацию об улавливании и хранении CO_2 см. в разделе 1.2.2. При оценках 1 уровня предполагается, что CO_2 не улавливается и не размещается на хранение (*Межправительственная, 2006*).

3.2.2 Выбор метода

Выбор метода зависит от доступности региональных данных о предприятиях аммиачной промышленности. При отсутствии, либо ограниченности данных применяют метод уровня 1 с коэффициентами по умолчанию. Выбросы CO_2 оценивают по общей потребности в топливе (топливо + сырье). Выбросы CO_2 от сжигания топлива для получения энергии отдельно в секторе «Энергетика» не учитываются.

Метод уровня 1 основан на коэффициентах выбросов по умолчанию и региональных промышленных статистиках. Метод уровня 2 основан на данных о выпуске продукции на уровне завода, количестве и типе расходуемого топлива и сырья.

Если данная категория является *ключевой* для региона, оценка выбросов должна быть выполнена с использованием методов уровня 2 или 3.

Метод уровня 1

В методе уровня 1 для оценки выбросов используются региональные данные о производстве аммиака (уравнение 3.1):

Уравнение 3.1

Выбросы CO_2 от производства аммиака – Уровень 1

$$E_{CO_2} = AP \bullet EF_{AP} - R_{CO_2}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2, тонны;

AP = региональное производство аммиака, тонны;

EF_{AP} = коэффициент выбросов по умолчанию, тонны CO_2 /тонну продукции аммиака;

R_{CO_2} = CO_2, извлечённый для дальнейшего использования (производство мочевины), тонны.

Расчет базируется на региональных данных по объемам производства аммиака в регионе. Количество CO_2, извлечённого для дальнейшего использования, можно оценить по количеству произведенной мочевины; для этого количество произведённой мочевины умножают на 44/60 (стехиометрическое отношение CO_2 к мочевине). После того, как был вычтен CO_2, использованный для производства мочевины, по правилам эффективной практики необходимо убедиться в том, что выбросы от применения мочевины были учтены в другом месте кадастра. Если нет данных о производстве мочевины, то в эффективной практике делают допущение о нулевом извлечении CO_2.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 базируется на данных о количестве и типе топлива, использованного для производства аммиака.

Сначала определяют общую потребность в топливе. Для метода уровня 2 общую потребность в топливе для каждого типа топлива рассчитывают следующим образом (уравнение 3.2):

Уравнение 3.2

Общая потребность в топливе для производства аммиака – уровень 2

$$TFR_i = \Sigma\ (AP_{ij} \bullet FR_{ij})$$

где:

TFR_i = общая потребность в топливе для топлива типа i, ГДж;

AP_{ij} = производство аммиака с использованием топлива типа i на агрегате j, тонны;

FR_{ij} = потребность в топливе на единицу продукции для топлива типа i на агрегате j, ГДж/тонну продукции аммиака.

Данные об объемах производства аммиака, типе топлива и потребности в топливе на единицу продукции, детализированные на уровне отдельных агрегатов по производству аммиака можно получить в промышленных компаниях и на заводах-производителях аммиака.

Выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению 3.3

Уравнение 3.3

Выбросы CO_2 от производства аммиака – Уровень 2

$$E_{CO_2} = \Sigma\ (TFR_i \bullet CCF_i \bullet COF_i \bullet 44/12)\ /\ 1000 - R_{CO_2}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2, тонны;

TFR_i = общая потребность в топливе для топлива типа i, ГДж;

CCF_i = коэффициент углеродного содержания для топлива типа i, кг С/ГДж;

COF_i = коэффициент окисления углерода для топлива типа i, дробь;

R_{CO_2} = CO_2, извлечённый для дальнейшего использования (производство мочевины, улавливание и хранение CO_2), тонны.

При использовании метода уровня 2 содержание углерода в топливе (CCF) и коэффициент окисления углерода (COF) можно получить из национальных значений в таблице 3.2 или из региональных данных по сектору «Энергетика». Данные о количестве CO_2, извлечённого для производства мочевины можно оценить по объемам производства мочевины. Данные об улавливании и хранении CO_2 можно получить у производителей.

Блок 3.1 – CO_2, извлекаемый для использования в промышленности
CO_2, извлекаемый для использования в промышленности, не учитывается отдельно, поскольку это относительно краткосрочное использование в небольших количествах; при этом делается допущение, что весь углерод промышленного газа выбрасывается в атмосферу на территории производящего субъекта РФ. Например, считается, что промышленный CO_2, применяемый для охлаждения, улетает атмосферу в том регионе, где был произведён.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В Российской Федерации для производства аммиака в качестве сырья и топлива используется природный газ.

В таблице 3.1 представлены коэффициенты выбросов МГЭИК по умолчанию (Межправительственная, 2006) и национальные коэффициенты выбросов, рассчитанные на основании оценок выбросов CO_2 от производства аммиака по методу уровня 2 МГЭИК в национальном кадастре выбросов парниковых газов (Российская, 2006–…). Национальный коэффициент выбросов представляет собой значение, осредненное за последние 4 года. При оценке выбросов CO_2 от производства аммиака в региональном кадастре, если используется метод уровня 1, предпочтительным является использование национального коэффициента выбросов.

Таблица 3.1 – Коэффициенты выбросов CO_2 по умолчанию для производства аммиака

	Коэффициент выбросов (тонны CO_2/тонну NH_3)	**Источник**
Средний коэффициент выбросов МГЭИК по умолчанию для современных и старых заводов. В качестве сырья и топлива используется природный газ.	2,104	*Межправительственная, 2006*
Национальный коэффициент выбросов	2,172	Российская, 2006 – …..

Метод уровня 2

Данные об удельном потреблении топлива на тонну произведенного аммиака и объемы производства аммиака на уровне предприятия – это наиболее точные данные для расчёта выбросов CO_2 от производства аммиака. По правилам эффективной практики значения коэффициентов углеродного содержания CCF и коэффициентов окисления углерода COF получают от производителей. Если это невозможно, по правилам эффективной практики используют национальные коэффициенты или коэффициенты МГЭИК по умолчанию. Использование национальных коэффициентов является предпочтительным при составлении регионального кадастра выбросов парниковых газов. Национальные коэффициенты углеродного содержания и окисления углерода представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Национальные коэффициенты для оценки выбросов CO_2

Коэффициент углеродного содержания (CCF) природного газа, кг С/ГДж	**Коэффициент окисления углерода COF**
14,836	0,995
	Источник: Российская, 2006 –…

Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 необходимы данные о производстве аммиака в регионе. Данные могут быть доступны в территориальных органах государственной статистики РФ (Росстат) или непосредственно на предприятиях по производству аммиака, расположенных в данном субъекте РФ. Если региональные данные недоступны, либо ограничены, то возможно использовать информацию о производственной мощности в регионе.

Метод уровня 2

В Российской Федерации для производства аммиака в качестве сырья и топлива используется природный газ.

Для метода уровня 2 требуются данные на уровне предприятия о выпуске аммиака и удельному потреблению природного газа на тонну произведенного аммиака. Если

данные об удельном потреблении природного газа представлены в $м^3$/тонну аммиака, можно использовать формулу 3.4 для перевода этих значений в ГДж/тонну.

Уравнение 3.4

Перевод значений удельного потребления природного газа из $м^3$/тонну в ГДж/тонну

$$\text{Удельное потребление ПГ в ГДж/тонну} =$$

$$= \text{Удельное потребление ПГ в } м^3\text{/тонну} \cdot 1{,}154 \cdot 29{,}3 / 1000$$

Кроме того, необходимы данные предприятия о количестве CO_2, извлечённого для дальнейшего использования в других областях применения или хранения. Использование CO_2 для производства мочевины рассматривается в Блоке 3.3. Данные об объемах производства мочевины могут быть получены в региональных органах Росстата, или в компаниях-производителях.

Блок 3.2 – Двойной учёт
Во избежание двойного учёта общее количество нефти или газа, израсходованное при производстве аммиака (топливо плюс сырьё) следует вычесть из количества, указанного в графе использования энергии в СЕКТОРЕ «ЭНЕРГЕТИКА». Кроме того, чтобы получить выбросы CO_2**,** следует из общего количества произведенного CO_2 вычесть количество CO_2, извлечённого для последующего ПРОИЗВОДСТВА МОЧЕВИНЫ. Выбросы CO_2 от применения мочевины следует учитывать в секторах по месту применения мочевины. В частности, выбросы от ПРИМЕНЕНИЯ МОЧЕВИНЫ в качестве удобрения следует включить в сектор «СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ДРУГИЕ ВИДЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ (СХЛХДВЗ) (том 4). Выбросы от использования мочевины в автомобильных каталитических конвертерах следует учитывать в секторе «Энергетика» (том 2). Выбросы от любых других химических продуктов, производимых с использованием CO_2**,** извлечённого из процесса, (например, выбросы от использования карбоновой кислоты), в предлагаемой методике относятся к сектору химической промышленности и не должны учитываться в других разделах ППИП или в других секторах.

Блок 3.3 – Производство мочевины
Мочевина ($CO(NH_2)_2$) (или карбамид) является важным азотным удобрением с самым высоким содержанием азота, которое возможно для твёрдых удобрений. Мочевина также используется как добавка к белковой пище для жвачных животных, в производстве меламина, в качестве ингредиента при производстве смол, пластмасс, клеев, покрытий, антиусадочных агентов для текстиля и ионообменных смол. Расширяется использование мочевины в качестве восстановителя в селективной каталитической реакции NO_x выхлопных газов от дизельных двигателей и бензиновых двигателей прямого впрыска. Выбросы от применения мочевины следует учитывать в секторах применения. Производство мочевины, как правило, интегрировано с производством аммиака и

осуществляется на тех же предприятиях. В процессе используется поток побочного CO_2 от производства аммиака вместе с аммиаком.

Мочевину получают при взаимодействии NH_3 и CO_2 с образованием карбамата аммония, который затем дегидратируется до мочевины по следующим реакциям.

Производство карбамата аммония:

$$2NH_3 + CO_2 \rightarrow NH_2COONH_4$$

Дегидратация карбамата аммония с образованием мочевины:

$$NH_2COONH_4 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$$

При условии полной конверсии NH_3 и CO_2 до мочевины, на каждую тонну мочевины требуется 0,733 тонн CO_2. Выбросы парниковых газов на современных заводах, по-видимому, невелики. Избыток NH_3 и CO_2 накапливается в технологической воде, которая насыщается в ходе реакции. Воду очищают с целью извлечения этих газов из технологической воды и возврата в синтез. Судя по типичной загрузке сырья на современных заводах, получается, что при производстве одной тонны мочевины улетает от 2 до 7 кг CO_2. (Межправительственная, 2006) Для завода производительностью 1 000 тонн мочевины в сутки, при использовании мощностей около 90%, годовые выбросы CO_2 немного превысят 2 Гг.

Несмотря на то, что на хорошо управляемых современных предприятиях выбросы от производства мочевины, по-видимому, не будут большими, по правилам эффективной практики следует найти информацию о производстве мочевины на уровне завода и учесть любые значительные выбросы.

Полнота

Для полного учёта выбросов от производства аммиака требуются данные обо всех выбросах от всех источников. Если данные для уровня 2 известны лишь для части заводов или осуществляется переход от уровня 1 к уровню 2, то можно определить долю производства на заводах, не предоставляющих данные, и использовать эту информацию для оценки оставшихся выбросов по методу уровня 1, чтобы обеспечить полноту в переходный период.

3.2.3 Оценка неопределённостей

Неопределённости коэффициентов выбросов

Неопределенности для значений коэффициентов выбросов по умолчанию составляют ± 7% (*Межправительственная, 2006*). Неопределённости для коэффициентов выбросов по умолчанию отражают различия между заводами на различных территориях.

Неопределённости данных о деятельности

Данные о деятельности, полученные от производителей, по-видимому, наиболее точные (т.е. неопределённость составляет всего ±2%). Эта неопределённость включает оценки неопределённостей для использования топлива, производства аммиака и извлечения CO_2. Данные, получаемые от национальных статистических агентств, обычно

не включают оценки неопределённостей. В эффективной практике информацию о погрешностях выборки запрашивают у национальных статистических агентств. Если значения неопределённостей не доступны из внешних источников, то можно применить значение по умолчанию ±5%.

3.3 ПРОИЗВОДСТВО АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

3.3.1 Введение

Азотная кислота используется в качестве сырья в основном при производстве азотных удобрений, а также может применяться для получения адипиновой кислоты и взрывчатых веществ (например, динамита), для травления металла и обработки чёрных металлов. При производстве азотной кислоты (HNO_3) в качестве нежелательного побочного продукта высокотемпературного каталитического окисления аммиака (NH_3) образуется оксид диазота (N_2O). Выход N_2O зависит, в числе прочих, от условий окисления (давление, температура), состава и срока службы катализатора, от конструкции контактного аппарата и прочее (Межправительственная, 2006).

Россия является крупным производителем азотной кислоты и располагает значительными производственными мощностями по ее выпуску (около 14 млн. т/год), обеспечивая экспортные поставки и внутренний рынок. Около 95% производства кислоты сосредоточено в Приволжском и Центральном федеральных округах (MA ROIF Expert, 2014; ИнфоМайн, 2006). С целью снижения негативного воздействия на окружающую среду, все российские предприятия азотной кислоты оснащены установками по каталитической очистке выбрасываемых в атмосферу газов. Тем не менее, выбросы N_2O при производстве азотной кислоты являются значительными и подлежат оценке при составлении региональных кадастров (*Межправительственная, 2006*; Российская, 2006 – …).

Вопросы методологии

Современный процесс получения азотной кислоты основан на каталитическом окислении аммиака кислородом воздуха и включает следующие стадии:

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

Стадии окисления азота в общих восстанавливающих условиях считаются потенциальными источниками выбросов N_2O. Известно также, что оксид азота (NO) – промежуточный продукт получения азотной кислоты – легко распадается до N_2O и диоксида азота (NO_2) при высоком давлении и температуре от 30 до 50°C.

Выделяют три промежуточные реакции в процессе окисления аммиака, которые могут привести к образованию N_2O (*Межправительственная, 2006*):

$$NH_3 + O_2 = 0{,}5N_2O + 1{,}5H_2O$$

$$NH_3 + 4NO = 2{,}5N_2O + 1{,}5H_2O$$

$$NH_3 + NO + 0{,}75O_2 = N_2O + 1{,}5H_2O$$

Реакции с образованием N_2O нежелательны, поскольку они снижают эффективность конверсии NH_3 и выход целевого продукта NO. На практике затруднительно определить точное соотношение исходного NH_3 и N_2O, поскольку в целом выход N_2O зависит от условий сжигания, состава и состояния (срока работы) катализатора, конструкции контактного аппарата. Выбросы N_2O зависят от количества N_2O, полученного в производственном процессе, и количества N_2O, обезвреженного (разрушенного) в каком-либо последующем процессе очистки выбросов от N_2O.

3.3.2 Выбор метода

Выбор метода в рамках эффективной практики зависит от национальных и региональных условий. Методы подразделяются в зависимости от наличия данных на уровне завода, которые используются в методах уровня 2 и 3. Метод уровня 1 следует применять только в том случае, если такие данные не доступны, и, если данная категория не является ключевой категорией в регионе.

Метод уровня 1

Выбросы рассчитывают по уравнению 3.5:

Уравнение 3.5

Выбросы N_2O от производства азотной кислоты – уровень 1

$$E_{N_2O} = EF \bullet NAP$$

где:

E_{N_2O} = выбросы N_2O, кг;

EF = коэффициент выбросов N_2O, кг N_2O /тонну продукции азотной кислоты;

NAP = объем производства азотной кислоты в регионе, тонны.

В методе уровня 1 по правилам эффективной практики считается, что выбросы не очищаются от N_2O, и поэтому используется самый высокий коэффициент выбросов по умолчанию для данного производства (таблица 3.3).

Метод уровня 2

На практике возможна заметная разница в коэффициентах выбросов N_2O для разных предприятий по производству азотной кислоты, использующих различные технологии. Следовательно, для расчёта выбросов N_2O при производстве азотной кислоты следует учитывать тип технологии производства. Если для оценки выбросов от производства азотной кислоты используются значения по умолчанию, то в рамках эффективной практики заводы подразделяют по типам и используют коэффициент образования N_2O для конкретного типа завода.

В методе уровня 2 используют данные о производстве на уровне завода, которые разгруппированы по типу технологии. Выбросы рассчитывают по уравнению 3.6:

Уравнение 3.6
Выбросы N_2O от производства азотной кислоты – уровень 2

$$E_{N_2O} = \Sigma\ [EF_i \bullet NAP_I \bullet (1 - DF_J \bullet ASUF_J)]$$

где:

E_{N_2O} = выбросы N_2O, кг;

EF_i = коэффициент выбросов N_2O для технологии типа i, кг N_2O/тонну продукции азотной кислоты;

NAP_I = производство азотной кислоты по технологии типа i, тонны;

DF_J = коэффициент эффективности технологии очистки типа j, дробь;

$ASUF_J$ = коэффициент использования системы очистки по технологии j, дробь.

Следует иметь в виду, что коэффициенты выбросов по умолчанию, показанные в таблице 3.3, отражают влияние очистной технологии на уровень выбросов (где применимо). Для того чтобы использовать эти коэффициенты, необходимо убедиться в том, что очистные технологии имеются и применяются на заводах круглый год.

Базовое уравнение для расчёта выбросов N_2O включает дополнительные члены, в которых предусмотрено потенциальное использование технологий очистки от N_2O с учетом фактического времени его использования.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В рамках эффективной практики используется самый высокий коэффициент выбросов для каждой технологии (таблица 3.3) и принимается допущение о том, что очистка от выбросов N_2O не производится.

Метод уровня 2

Если коэффициенты на уровне завода не доступны, то в эффективной практике используют коэффициенты по умолчанию. Насколько точно эти значения соответствуют фактическим заводским коэффициентам выбросов не известно. Коэффициенты по умолчанию из таблицы 3.3 следует применять, только если измерения на уровне завода не доступны.

В таблице 3.3 показаны коэффициенты выбросов для N_2O и связанные с ними неопределённости. Коэффициенты, представленные в таблице 3.3 для заводов, использующих неселективное каталитическое восстановление (НСКВ) (технология снижения выбросов NO_x, которая также снижает выбросы N_2O), уже учитывают очистку от N_2O. Для того чтобы использовать эти коэффициенты, необходимо убедиться в том, что очистные технологии имеются и применяются на заводах круглый год.

Таблица 3.3 – Коэффициенты по умолчанию для производства азотной кислоты

Производственный процесс	Коэффициент выбросов N_2O (по отношению к 100%-ной кислоте)	Неопределенность коэффициентов выбросов
Заводы с НСКВ[a] (все процессы)	2 кг N_2O/тонну азотной кислоты	±10%
Заводы, на которых N_2O разрушают в процессе синтеза или в остаточном газе	2,5 кг N_2O/тонну азотной кислоты	±10%
Заводы, где процесс протекает при атмосферном (низком) давлении	5 кг N_2O/тонну азотной кислоты	±10%
Заводы, где процесс протекает при среднем давлении	7 кг N_2O/тонну азотной кислоты	±20%
Заводы, где процесс протекает при высоком давлении	9 кг N_2O/тонну азотной кислоты	±40%

[a] *Неселективное каталитическое восстановление (НСКВ)*

Источник: *Межправительственная, 2006*

Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности должны быть представлены в пересчёте на 100% HNO_3 – по правилам эффективной практики следует убедиться в том, что все данные о производстве представлены в пересчёте на 100% HNO_3. Для этого количество азотной кислоты, представленное в моногидрате надо умножить на дробь $\frac{63}{81}$ в соответствии с молярными соотношениями.

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 необходимо собрать данные о региональном производстве азотной кислоты.

Для этого рекомендуется использовать следующие источники данных:

- Территориальные органы государственной статистики РФ (Росстат);
- Предприятия и промышленные компании, производящие азотную кислоту.

Однако, стоит принимать во внимание, что статистика об азотной кислоте, может заниженной и не включать значительную часть данных, а именно, не учитывать 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. Поэтому при работе с данными следует уточнять, все ли произведенные объемы включены. При необходимости объем неконцентрированной азотной кислоты, используемой в производстве удобрений, может быть оценен косвенно по данным о производстве минеральных удобрений. Для этого используется информация по объемам производства

минеральных удобрений в регионе, и на основе расходных коэффициентов (таблица 3.4) (Российская, 2006 – …) рассчитывается количество 100% азотной кислоты, которая была затрачена на производство этих удобрений. В таблице 3.4 перечислены минеральные удобрения, при производстве которых используется азотная кислота, и представлены расходные коэффициенты для оценки количества азотной кислоты, использованной для их производства.

Таблица 3.4 – Коэффициенты расхода азотной кислоты на производство минеральных удобрений, т/т

Нитрат аммония	0,786
Нитрат кальция	0,768
Нитрат натрия	0,741
Нитроаммофоска (азофоска)	0,215

Если нет данных о производстве азотной кислоты на уровне региона, то можно использовать информацию о производственной мощности. В эффективной практике суммарную производственную мощность региона умножают на коэффициент использования мощностей 80% ± 10% (т.е. от 70 до 90%). В этом случае не нужно учитывать количество азотной кислоты, использованное для производства минеральных удобрений.

Метод уровня 2

В методе уровня 2 используют данные о производстве, которые разгруппированы по типу технологии и по типу очистной системы. По правилам эффективной практики собирают данные о деятельности на таком уровне детализации, который согласуется с уровнем детализации данных о производстве и разрушении N_2O. Источником данных в таком случае служат предприятия, производящие азотную кислоту.

Полнота

Региональная статистика по производству азотной кислоты может быть заниженной. Сравнение мировой статистики, составленной из национальных данных о производстве азотной кислоты, с промышленными оценками мирового производства показало, что национальные статистики учитывают всего 50-70% общего производства (*Межправительственная, 2006*). Национальные статистики не учитывают вероятность того, что азотная кислота может производиться в рамках более крупного производственного процесса, не попадая на рынок. По правилам эффективной практики эти источники следует учитывать.

Обычно в регионе имеется немного заводов по производству азотной кислоты, поэтому рекомендуется оценивать выбросы на основании заводских данных.

3.3.3 Оценка неопределённостей

Неопределённости коэффициентов выбросов

Неопределенности для значений коэффициентов выбросов по умолчанию представлены в таблице 3.3.

Неопределенности данных о деятельности

Если данные о деятельности получают с заводов, то оценки неопределённостей можно получить от производителей. Данные, полученные от национальных статистических агентств, обычно не включают оценки неопределённостей. Если значения неопределённостей не доступны из других источников, то можно использовать значение по умолчанию ±2%. Для того чтобы снизить неопределённость, по правилам эффективной практики следует убедиться в том, что данные о деятельности даны в пересчёте на 100% азотную кислоту. Следует еще раз подчеркнуть необходимость учета всего количества азотной кислоты, как товарной, так и той, что используется для переработки в рамках предприятия. Если региональная статистика учитывает только товарный выпуск азотной кислоты, неопределенность данных о деятельности может быть существенно выше.

3.4 ПРОИЗВОДСТВО АДИПИНОВОЙ (ГЕКСАНДИОНОВОЙ) КИСЛОТЫ

В мировой практике адипиновая (гександионовая) кислота используется при производстве многих видов продукции, включая синтетические волокна, покрытия, пластмассы, уретановые пены, эластомеры и синтетические смазки. Большое количество адипиновой кислоты применяется для производства нейлона. Наряду с этим, значительная часть адипиновой кислоты подвергается дальнейшей переработке до гексаметилендиамина, представляющий собой важный, для химической промышленности, мономер. Ещё небольшую часть адипиновой кислоты превращают в диоктил (ди-2-этилгексил) – или дигексиловые эфиры, применяемые в качестве пластификаторов для эластичных марок поливинилхлорида, или в качестве высококипящего компонента синтетических моторных масел (Межправительственная, 2006). Несмотря на потребность российской промышленности в адипиновой кислоте в несколько десятков тыс. тонн, ее производство в Российской Федерации на текущий момент отсутствует (Дружинина Ю.А. с соавт., 2008). Поэтому в рамках настоящих Методических рекомендаций методика оценки выбросов от данной категории источников не рассматривается. При необходимости, подробная методика дана в Руководстве МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

3.5 ПРОИЗВОДСТВО КАПРОЛАКТАМА, ГЛИОКСАЛЯ И ГЛИОКСИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

3.5.1 Введение

Данный раздел посвящён производству трёх химических веществ – капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты, которые потенциально являются крупными источниками выбросов оксида диазота (N_2O). Методология определения выбросов от производства капролактама описана детально, и её можно применять для оценки выбросов от производства глиоксаля и глиоксиловой кислоты.

3.5.2 Капролактам

В настоящее время в России функционирует ряд предприятий по выпуску капролактама ($C_6H_{11}NO$). Годовое производство капролактама в России покрывает не только внутреннее потребление, но и является важным экспортным продуктом. Внутри страны капролактам перерабатывается в поликапроамид (полиамид-6), который лежит в основе дальнейшего синтеза ряда полимерных материалов[5], технических нитей, кордной ткани и другой продукции[6].

Синтез капролактама на российский предприятиях производят на основе ароматических углеводородов, главным образом, бензола[7].

3.5.2.1 Вопросы методологии

При производстве капролактама из бензола (основной процесс) бензол гидрируют до циклогексана, который затем окисляют, получая циклогексанон ($C_6H_{10}O$). Существует три основных этапа синтеза капролактама:

Гидрирование в присутствии катализаторов. На выходе получается циклогексан.

Жидкофазное окисление в присутствии солей жирных кислот (нафтинат или стеарат кобальта). На выходе получается циклогексанон.

Обработка водным раствором сульфата гидроксиламина в присутствии щелочей (получается циклогексаноноксим) с последующей обработкой концентрированной серной кислотой (перегруппировка Бекмана)[8].

Классический способ Рашига и уравнения основных реакций синтеза капролактама из цикогексанона (*Межправительственная, 2006*):

Окисление NH_3 до NO/NO_2

↓

NH_3 реагирует с CO_2/H_2O с образованием карбоната аммония $(NH_4)_2CO_3$

↓

$(NH_4)_2CO_3$ реагирует с NO/NO_2 (полученным при окислении NH_3) с образованием нитрита аммония (NH_4NO_2)

↓

NH_3 реагирует с SO_2/H_2O с образованием бисульфата аммония (NH_4HSO_3)

↓

NH_4NO_2 и NH_4HSO_3 взаимодействует с образованием дисульфата гидроксиламина ($NOH(SO_3NH_4)_2$)

↓

$NOH(SO_3NH_4)_2$ гидролизуется с образованием сульфата гидроксиламина $(NH_2OH)_2H_2SO_4$) и сульфата аммония ($(NH_4)_2SO_4$)

↓

---

[5] http://n-azot.ru/product.php?product=13&lang=RU

[6] http://newchemistry.ru/item.php?n_id=138

[7] http://www.kuazot.ru/page.php?Cat=6&ID=79&q=%EA%E0%EF%F0%EE%EB%E0%EA%F2%E0%EC

[8] http://n-azot.ru/product.php?product=13&lang=RU

Реакция циклогексанона:

$$C_6H_{10}O + ½(NH_2OH)_2H_2SO_4\ (+NH_3\ и\ H_2SO_4) \rightarrow C_6H_{10}NOH + (NH_4)_2SO_4 + H_2O$$

Перегруппировка Бекмана:

$$C_6H_{10}NOH\ (+H_2SO_4\ и\ SO_2) \rightarrow C_6H_{11}NO\ H_2SO_4\ (+4NH_3\ и\ H_2O) \rightarrow C_6H_{11}NO + 2(NH_4)_2SO_4$$

Капролактам образуется в результате перегруппировки Бекмана при добавлении сульфата гидроксиламина к циклогексанону. Сульфат гидроксиламина образуется из нитрата аммония и диоксида серы. Газообразный аммиак с воздухом подаются в конвертер, где аммиак превращается в дисульфонат гидроксиламина в результате последовательного контакта сначала с карбонатом аммония, затем с диоксидом серы. При растворении аммиака и диоксида углерода в воде образуется карбонат аммония, а при окислении серы образуется диоксид серы. Дисульфонат гидролизуется до сульфата гидроксиламина и сульфата аммония. При добавлении сульфата гидроксиламина к циклогексанону образуется циклогексаноноксим, который в результате перегруппировки Бекмана превращается в капролактам. Производство капролактама может сопровождаться выбросами оксида диазота (N_2O) на стадии окисления аммиака, CO_2 на стадии образования карбоната аммония, диоксида серы (SO_2**)** на стадии образования бисульфита. На хорошо управляемых предприятиях крупные выбросы CO_2 при стандартном способе синтеза маловероятны. При производстве капролактама следует учитывать в основном выбросы N_2O. Модифицированный процесс производства капролактама связан с выделением большого количества сульфата аммония, который является побочным продуктом в стандартном способе синтеза. Окисление NH_3 по-прежнему остаётся неотъемлемой частью любого процесса получения NO/NO_2 (*Межправительственная, 2006*).

3.5.2.2 Выбор метода

Расчёт выбросов N_2O от производства капролактама можно проводить по аналогии с расчётом выбросов N_2O от производства азотной кислоты. Оба производства включают окисление NH_3 на первой стадии, что является источником образования и выбросов N_2O.

Выбор метода в рамках эффективной практики зависит от национальных и региональных условий. С 2010г. Росстат не учитывает производство капролактама. Поэтому данные об объемах производства с 2010г. могут быть получены только на предприятиях-производителях капролактама. В настоящее время в России капролактам производится на трех предприятиях: «Куйбышевазот», «Азот» (Кемерово) и «Щекиноазот». Выбросы можно оценивать по данным (*Межправительственная, 2006*):

- постоянного мониторинга выбросов на предприятии, при котором выбросы измеряются постоянно (уровень 3);
- по данным периодического мониторинга выбросов на предприятии, который производится при обычном ходе работы предприятия, с целью определения коэффициента выбросов, который умножают на объем производства капролактама и получают количество выбросов (уровень 3);

– по данным нерегулярного отбора проб на предприятии с целью определения коэффициента выбросов, который умножают на объем производства капролактама и получают количество выбросов (уровень 2);
– либо умножением коэффициента выбросов по умолчанию МГЭИК на объем производства капролактама при отсутствии данных по выбросам на уровне предприятия (уровень 1).

Метод уровня 1

Выбросы рассчитывают по уравнению 3.7:

Уравнение 3.7

Выбросы N_2O от производства капролактама – уровень 1

$$E_{N_2O} = EF \bullet AD$$

где:

E_{N_2O}= региональные выбросы N_2O, кг;

EF = коэффициент выбросов N_2O, кг N_2O/тонну продукции капролактама;

AD = объемы регионального производства капролактама, тонны;

В методе уровня 1 эффективной практики предполагается, что выбросы N_2O не улавливаются.

Метод уровня 2

В методе уровня 2 используют данные о производстве на уровне предприятий с детализацией по типу технологии. Выбросы рассчитывают по уравнению 3.8:

Уравнение 3.8

Выбросы N_2O от производства капролактама – уровень 2

$$E_{N_2O} = \Sigma\ [EF_i \bullet CP_i(1 - DF_J \bullet ASUF_J)]$$

где:

E_{N_2O} = выбросы N_2O, кг;

EF_i = коэффициент выбросов N_2O для технологии типа i, кг N_2O/тонну продукции капролактама;

CP_i = производство капролактама по технологии типа i, тонны;

DF_J = коэффициент деструкции N_2O по технологии очистки типа j, дробь;

$ASUF_J$ = коэффициент использования системы очистки по технологии j, дробь.

Базовое уравнение для расчёта выбросов N_2O включает дополнительные члены, которые учитывают возможное внедрение технологий по очистке выбросов предприятия от N_2O. Коэффициент деструкции N_2O следует умножить на коэффициент использования очистной системы, чтобы учесть время эксплуатации оборудования по снижению выбросов.

Если региональные коэффициенты выбросов не доступны, то в эффективной практике допускается применять коэффициент, разработанный для сходного производства в другом субъекте РФ, либо применяют коэффициент МГЭИК по умолчанию

(см. таблицу 3.5). Остальные параметры уравнения 3.8 берутся по данным предприятия по производству капролактама в регионе.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

3.5.2.3 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В рамках эффективной практики используют коэффициент выбросов по умолчанию МГЭИК из таблицы 3.5, принимая допущение о том, что очистка выбросов от N_2O не производится (*Межправительственная, 2006*).

Таблица 3.5 – Коэффициенты выбросов МГЭИК для производства капролактама

Производственный процесс	**Коэффициент выбросов N_2O (кг N_2O/тонну капролактама)**	**Неопределённость**
По методу Рашига	9,0	± 40%
На основании данных заводов по производству азотной кислоты при высоком давлении. *Источник: коэффициенты по умолчанию для производства азотной кислоты. (См. таблицу 3.3 в этой главе).*		

Коэффициент, приведенный в таблице 3.5, основан международных данных заводов по производству азотной кислоты при высоком давлении, что соответствует российским технологиям.

Метод уровня 2

Если коэффициенты на уровне региона не доступны, то в эффективной практике могут быть использованы коэффициенты, разработанные для аналогичных российских предприятий, при отсутствии таковых используют коэффициент по умолчанию МГЭИК. Этот коэффициент основан на международной практике и его значение, согласно экспертной оценке МГЭИК, соответствуют среднемировым выбросам от производства капролактама. Насколько точно он соответствует фактическим коэффициентам выбросов для субъекта РФ, оценить затруднительно, поэтому рекомендуется разработка региональных коэффициентов.

3.5.2.4 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 необходимы данные об объеме производства капролактама в регионе. До 2009г. региональные органы Росстата собирали информацию о производстве капролактама, с 2010г. такой показатель в данных российской статистики отсутствует. Поэтому данные о производстве капролактама могут быть получены только в промышленных компаниях и на предприятиях-производителях капролактама.

Если нет данных на уровне региона, то можно использовать информацию о производственной мощности. В эффективной практике суммарную производственную

мощность региона умножают на коэффициент использования мощностей 80% ± 10% (т.е от 60 до 100%).

Метод уровня 2

В методе уровня 2 используют данные, полученные от предприятий, расположенных в рассматриваемом субъекте РФ.

3.5.2.5 Полнота

Полнота требует учёта выбросов от всех заводов по производству капролактама.

3.5.2.6 Оценка неопределённостей

Неопределённости коэффициентов выбросов

Неопределенности для значений коэффициента выбросов по умолчанию, показанные в таблице 3.5, были выведены на основании значений по умолчанию для заводов азотной кислоты. В эффективной практике оценку неопределённостей коэффициента выбросов, полученного от предприятия по производству капролактама, проводят на уровне завода; она должна быть ниже, чем неопределённости, связанные со значениями по умолчанию.

Неопределённости данных о деятельности

Если данные о деятельности получают с заводов, то оценки неопределённостей можно получить от производителей. Данные, полученные от национальных статистических агентств, обычно не включают оценки неопределённостей. Если значения неопределённостей не доступны из других источников, то можно использовать значение по умолчанию ±2%.

3.5.3 Производство глиоксаля и глиоксиловой кислоты

Глиоксаль (этендиаль) ($C_2H_2O_2$) в мировой практике получают чаще всего окислением ацетальдегида (этаналя) (C_2H_4O) концентрированной азотной кислотой (HNO_3). Глиоксаль можно также получать методом каталитического окисления этиленгликоля (этандиола) (CH_2OHCH_2OH). Глиоксаль используется как сшивающий агент при производстве ацетатных/акриловых смол, дезинфицирующих веществ, отвердителя желатина, аппретирующего средства для текстиля (несминаемая хлопчатобумажная, вискозная ткань), водоотталкивающего агента (покрытие для бумаги). Глиоксиловая кислота производится окислением глиоксаля азотной кислотой. Глиоксиловая кислота используется для производства синтетических ароматических веществ, агрохимикатов и фармацевтических полупродукции (*Межправительственная, 2006*).

В России функционируют, главным образом, малотоннажные производства глиоксаля и глиоксиловой кислоты[9], которые организованы в стране относительно недавно (2009-2012гг.) (Михайлов В., 2012). Российское производство основано на отечественной технологии каталитического окисления этиленгликоля (этандиола) (CH_2OHCH_2OH)

[9] http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=7071

кислородом, находящимся в смеси воздуха с инертным газом и парами воды[10]. Согласно МГЭИК, производства глиоксаля по данной технологии не являются источником атмосферных выбросов парниковых газов (*Межправительственная, 2006*). Поскольку лишь часть глиоксаля перерабатывается в глиоксиловую кислоту, то выбросы от ее производства, вероятнее всего, будут очень незначительными. Поэтому в рамках настоящих Методических рекомендаций методика оценки выбросов от данных категорий источников не рассматривается. При необходимости, подробная методика дана в Руководстве МГЭИК (Межправительственная, 2006).

3.6 ПРОИЗВОДСТВО КАРБИДОВ

3.6.1 Введение

Производство карбида кремния (SiC) и карбида кальция (CaC_2) сопровождается выбросами парниковых газов. При производстве карбида могут выделяться диоксид углерода (CO_2) и метан (CH_4). Карбид кремния – важный искусственный абразив. Его производят из кварцевого песка и нефтяного кокса. Карбид кальция используется при производстве ацетилена, цианамида (в небольших количествах, в прошлом). Его получают из двух видов углеродсодержащего сырья – из карбоната кальция (известняк) и нефтяного кокса. Использование углеродсодержащего сырья в производственном процессе приводит к выбросам CO_2. Присутствие водородсодержащих летучих соединений в нефтяном коксе может привести к образованию и выбросам в атмосферу CH_4 (*Межправительственная, 2006*). В России производятся карбид кремния и карбид кальция в объемах, соответствующих потребностям внутреннего рынка. Более того, порядка 50% карбида кремния экспортируется за рубеж (AM ROIF Expert, 2014; ОАО «Волжский абразивный завод», 2008). Поэтому выбросы от данных производств могут быть значительными, и их необходимо учитывать при составлении региональных кадастров.

3.6.2 Вопросы методологии

CO_2 и CH_4 от производства карбида кремния

Карбид кремния производится из кварцевого песка и нефтяного кокса, используемого в качестве источника углерода, по реакции:

$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO$$

$$Si + C = SiC$$

Ниже дано суммарное уравнение реакции, но на практике процесс протекает не в такой стехиометрической пропорции:

$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO \ (+ O_2 \rightarrow 2CO_2)$$

В процессе производства кварцевый песок и углерод смешивают в мольном отношении приблизительно 1:3. В процессе производства около 35% углерода нефтяного

[10] http://bd.patent.su/2340000-2340999/pat/servl/servlet3fd8.html

кокса переходит в карбид кремния, а остальная часть в избытке кислорода превращается в углекислый газ и выбрасывается в атмосферу. Нефтяной кокс, используемый в процессе, может содержать летучие соединения, которые превращаются в метан. Некоторое количество метана поступает в атмосферу, особенно в начале процесса.

CO_2 от производства и потребления карбида кальция

Карбид кальция (CaC_2**)** получают нагреванием карбоната кальция (известняка) с последующим восстановлением CaO с помощью углерода (например, углерода нефтяного кокса). В обеих стадиях выделяется CO_2. Около 67% углерода из нефтяного кокса переходит в продукт.

Основные реакции получения карбида кальция:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO\ (+\ 1/2O_2 \rightarrow CO_2)$$

Газ CO на большинстве заводов используют как источник энергии.

Блок 3.4 – Двойной учёт
Во избежание двойного учёта выбросы CO_2 от сжигания газа CO, образующегося в процессе производства CaC_2, должны быть учтены в СЕКТОРЕ ППИП, а не в СЕКТОРЕ «ЭНЕРГИЯ». Количество нефтяного кокса, применяемого в производственном процессе, следует вычесть из СЕКТОРА «ЭНЕРГЕТИКА» как неэнергетическое использование нефтяного кокса.

Самым важным применением карбида кальция является производство ацетилена (C_2H_2) по реакции CaC_2 с водой. Значительное количество ацетилена используется для сварки. Ацетилен также применяется в химическом синтезе для получения ацетальдегида, уксусной кислоты, уксусного ангидрида и в качестве исходного сырья для производства «ацетиленовой сажи» (разновидность углеродной сажи). Часто ацетилен производится не на том заводе, где получают CaC_2**,** и это следует иметь в виду при использовании методов оценки выбросов CO_2 от использования CaC_2 2 уровня.

В результате использования ацетилена в химическом синтезе и производстве ацетиленовой сажи образуются продукты, содержащие углерод, что снижает общие выбросы CO_2**,** связанные с использованием CaC_2**.** Ацетилен может быть получен при частичном окислении природного газа, а также из CaC_2. Метод учёта ацетилена в этих видах использования описан в разделе 3.9.

Производство и использование ацетилена для сварки можно описать реакцией:

$$CaC_2 + H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2\ (+\ 2{,}5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O)$$

Если ацетилен используется для сварки, то выбросы можно вывести исходя из количества CaC_2**,** взятого для получения ацетилена, при допущении, что этот ацетилен будет использован в относительно короткий срок после его производства.

Блок 3.5 – Отнесение выбросов от производства CaO
CaO (известь) можно производить для внутреннего использования или на другом заводе, который не выпускает карбид. В любом случае выбросы от стадии получения CaO можно регистрировать как выбросы от производства извести (раздел 2.3); и только выбросы от реакции CaO с нефтяным коксом и использование продукта для получения ацетилена сварки следует учитывать, как выбросы от карбида кальция.

3.6.2.1 Выбор метода

Выбор метода в рамках эффективной практики зависит от национальных и региональных условий. В методе уровня 1 используются коэффициенты выбросов по умолчанию и данные региональной статистики. Уровень 2 основан на заводских данных по производству и использованию CaC_2 для получения ацетилена для сварки. В методе уровня 3 используются заводские данные о расходе нефтяного кокса (включая коэффициент углеродного содержания (CCF) и коэффициент окисления углерода (COF), если они доступны; либо можно использовать национальные данные по сектору «Энергетика»), данные о расходе CaC_2 для производства ацетилена сварки и данные о коэффициентах выбросов на уровне завода, где применимо.

CO_2 и CH_4 от производства карбида

Метод уровня 1

Выбросы от производства карбида можно рассчитывать на основании данных о потреблении нефтяного кокса или о производстве карбидов, а также данных о количестве карбида кальция, использованного для производства ацетилена сварки. Для расчетов используются коэффициенты выбросов по умолчанию. Если используются данные о потреблении нефтяного кокса, то CCF и COF нефтяного кокса можно взять из главы 1 раздела «Энергетика», а результат умножить на 44/12, чтобы перевести C в CO_2. Основное уравнение для расчёта выбросов следующее:

Уравнение 3.9

Выбросы от производства карбидов – уровень 1

$$E_{CO_2} = AD \bullet EF$$

где:

E_{CO_2} = региональные выбросы CO_2, тонны;

AD = региональные данные о деятельности по потреблению нефтяного кокса или производству карбида, тонны израсходованного сырья или тонны продукции карбида;

EF = коэффициент выбросов CO_2, тонны CO_2/тонну сырья или продукции карбида.

Имеется два основных варианта:

Если в качестве данных о деятельности берут производство карбида, то EF должен быть равен среднему количеству выбросов CO_2 на единицу продукции карбида, тонны CO_2/тонну продукции карбида.

Если в качестве данных о деятельности берут потребление нефтяного кокса, то EF будет равен CCF (коэффициент углеродного содержания), помноженному на COF (коэффициент окисления углерода), помноженному на 44/12, с поправкой на содержание C в продукте, тонны CO_2/тонну израсходованного сырья.

Поправочный коэффициент для SiC = 0,35 = Коэффициент выбросов = 0,65 • CCF • COF • 44/12;

Поправочный коэффициент для CaC_2 = 0,67 = Коэффициент выбросов = 0,33 • CCF • COF • 44/12;

При этом могут быть использованы следующие национальные значения: CCF =0,877 т C/т нефтяного кокса, COF=0,99 (Российская, 2006 –…).

Уравнение 3.9 также можно использовать для оценки выбросов CH_4, где EF – это соответствующий коэффициент выбросов для CH_4.

В расчёт выбросов от CaC_2 необходимо включить выбросы CO_2, которые косвенно относятся к CaC_2, потребляемого при производстве ацетилена. Уравнение 3.9 можно применять, если AD – это количество потреблённого CaC_2, а EF – коэффициент выбросов, связанный с этим использованием. В методе уровня 1, в рамках эффективной практики, делают консервативное допущение о том, что весь CaC_2, потреблённый при производстве ацетилена, даёт выбросы CO_2. *(Межправительственная, 2006).*

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 требуются данные на уровне предприятия о выпуске карбида и о содержании углерода в продукте. Для CaC_2 также требуются данные об использовании в регионе CaC_2 для производства ацетилена сварки. Выбросы от производства и использования можно рассчитать по уравнению 3.9 с помощью коэффициентов МГЭИК. Если ацетилен производится из CaC_2 в другом субъекте РФ и количество потреблённого для этой цели CaC_2 неизвестно, то по правилам эффективной практики этот факт следует задокументировать. В этом случае учет выбросов от использования карбида кальция должен быть выполнен в том регионе, где CaC_2 был использован для производства ацетилена сварки.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

3.6.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В методе уровня 1 используются значения по умолчанию CCF, COF и содержания C в продукте, там, где в расчете используется расход нефтяного кокса. А если расчёт основан на производстве карбида, то используются коэффициенты выбросов МГЭИК из таблицы 3.6 и 3.7. В обоих случаях применяется коэффициент выбросов МГЭИК для использования CaC_2 *(Межправительственная, 2006*).

Таблица 3.6 – Коэффициенты выбросов МГЭИК для оценки выбросов CO_2 и CH_4 от производства карбида кремния

Процесс	Коэффициент выбросов (тонны CO_2/тонну сырья)	Коэффициент выбросов (кг CH_4/тонну сырья)	Коэффициент выбросов (тонны CO_2/тонну продукции карбида)	Коэффициент выбросов (кг CH_4/тонну продукции карбида)
Производство карбида кремния	2,30	10,2	2,62	11,6
Источник: *(Межправительственная, 2006)*				

Таблица 3.7 – Коэффициенты выбросов МГЭИК для расчёта выбросов CO_2 от производства и потребления карбида кальция

Процесс	Коэффициент выбросов (тонны CO_2/тонну сырья)	Коэффициент выбросов (тонны CO_2/тонну произведенного карбида)
Использование нефтяного кокса	1,70	1,090
Использование продукта	не применимо	1,100
Источник: *(Межправительственная, 2006)*		

Метод уровня 2

Также как для уровня 1, в методе уровня 2 используются значения коэффициентов выбросов по умолчанию, за исключением содержания С в продукте. Рекомедуется использовать данные предприятия.

3.6.2.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 необходимы данные о потреблении нефтяного кокса или региональные данные о производстве карбида. Для этого рекомендуется использовать следующие источники данных:

- Территориальные органы государственной статистики РФ (Росстат)
- Предприятия или промышленные компании, осуществляющие производство или использование карбидов в регионе.

Метод уровня 2

Данные о деятельности, необходимые для метода уровня 2, включают данные на уровне предприятий о производстве карбида и о потреблении CaC_2 для производства ацетилена для сварки.

3.6.2.4 Полнота

Заводы по производству карбида, как правило, хорошо известны. Данные о производстве карбида кальция и кремния учитываются органами Росстата. Данные о потреблении нефтяного кокса можно получить прямо от заводов по производству карбида. Сбор данных о деятельности и расчет выбросов осложняются тем, что ацетилен, обра-

зующийся из CaC_2, не всегда производится на том же заводе, что и CaC_2. Это следует иметь в виду при использовании методов высокого уровня, при этом выбросы от использования CaC_2 должны учитываться по месту их образования. Например, в случае ацетилена для сварки, если ацетилен производится в другом месте (не там, где CaC_2), то выбросы учитывают по месту производства ацетилена.

3.6.3 Оценка неопределённостей

Неопределенности коэффициентов выбросов

В целом коэффициенты выбросов CO_2 по умолчанию характеризуются относительно высокой неопределенностью, поскольку процесс производства карбида отличается от теоретической стехиометрии реакции. Неопределённость коэффициентов выбросов для CH_4 возникает в результате вероятных изменений в составе углеродсодержащих летучих соединений сырья (нефтяного кокса), используемого различными производителями, и в результате вероятных изменений параметров промышленного процесса. Если значения неопределённостей не доступны из других источников, то можно использовать по умолчанию ±10%.

В эффективной практике оценку неопределённостей проводят на уровне завода – такие неопределённости должны быть меньше, чем неопределённости, связанные со значениями по умолчанию.

Неопределенности данных о деятельности

Если данные о деятельности получают с заводов, то оценки неопределённостей можно получить от производителей. Они должны включать оценки неопределённостей для потребляемого нефтяного кокса и известняка, а также для данных о производстве карбида. Данные, полученные от национальных статистических агентств или от промышленных и торговых организаций, обычно не включают оценки неопределённостей. Если значения неопределённостей не доступны из других источников, то можно применить значение по умолчанию ±5%.

3.7 ПРОИЗВОДСТВО ДИОКСИДА ТИТАНА

3.7.1 Введение

Диоксид титана (TiO_2) – один из наиболее распространённых белых пигментов, который используется, главным образом в лакокрасочной промышленности, а также при производстве пластмасс, резины, керамики, текстиля, напольных покрытий, типографских красок и многих других изделий (*Межправительственная, 2006*). Значительная часть потребляемого в России диоксида титана производится внутри страны сульфатным способом, однако некоторая доля TiO_2 вырабатывается и на основе хлоридного способа (Волков В.И с соавт., 2003). Хлоридный способ в российской химической промышленности стал развиваться относительно недавно, однако вклад его в общее производство диоксида титана в последние годы увеличивается[11]. Поскольку исполь-

[11] http://www.creonenergy.ru/upload/iblock/45a/Latisheva_Arikom.pdf

зование данной технологии приводит к образованию выбросов диоксида углерода (CO_2), и их следует учитывать при проведении инвентаризации в регионах, на территории которых расположены соответствующие предприятия (*Межправительственная, 2006*). Стоит отметить, что в настоящем разделе все продукты диоксида титана будут называться «диоксидом титана» в том случае, если нет необходимости делать различие между этими продуктами. Описание касается титанового шлака, синтетического рутила (>90% TiO_2) и рутилового TiO_2.

3.7.2 Вопросы методологии

В промышленности TiO_2 может производиться в двух модификациях: анатазный и рутиловый, которые отличаются по структуре кристаллической решетки и концентрации TiO_2 в конечном продукте. TiO_2 (анатаз) чаще всего получают обработкой ильменитовой руды (титаната железа ($FeO.TiO_2$)) серной кислотой (сульфатный способ) или из титанового шлака. Уравнения основных реакций для способа с кислотным разложением (Межправительственная, 2006):

$$FeTiO_3 + 2H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + TiO.SO_4 + 2H_2O$$

$$TiO.SO_4 + 2H_2O \rightarrow TiO_2.H_2O + H_2SO_4$$

$$TiO_2.H_2O + \textit{нагрев} \rightarrow TiO_2 + H_2O$$

При сульфатном способе производства, который является основным в России, не образуется значительных выбросов парниковых газов.

В производстве TiO_2 существует три технологических процесса, которые приводят к выбросам парниковых газов: производство титанового шлака в электродуговых печах, производство синтетического рутила по Becher процессу и производство рутилового TiO_2 по хлоридному способу.

Титановый шлак, используемый для получения анатазного TiO_2, производят методом восстановительной плавки ильменита в электродуговых печах. Если используется титановый шлак, то стадия восстановления в кислотной среде не требуется, поскольку при плавке в электродуговой печи уменьшается содержание железа (III), которое присутствует в исходном ильмените в качестве примеси. Рутиловый TiO_2 можно получить путём последующей обработки анатазного TiO_2. Выбросы в данном промышленном процессе являются следствием использования восстановителя.

При производстве синтетического рутила по Becher процессу может выделяться CO_2. В этом процессе оксид железа в составе ильменита восстанавливается до металлического железа, которое затем вновь окисляется до оксида железа; диоксид титана при этом выделяется в виде синтетического рутила 91 – 93% чистоты (*Межправительственная, 2006*). В качестве восстановителя применяется каменный уголь, и выбросы CO_2 следует рассматривать как выбросы от промышленных процессов. Основной способ производства рутилового TiO_2 – это хлоридный способ. Рутиловый TiO_2 получают карботермическим хлорированием рутиловой руды или синтетического рутила с обра-

зованием тетрахлорида титана ($TiCl_4$) и окислением паров $TiCl_4$ до TiO_2 в соответствии со следующими реакциями:

$$2TiO_2 + 4Cl_2 + 3C \rightarrow 2TiCl_4 + 2CO + CO_2$$

$$TiCl_4 + O_2 \rightarrow TiO_2 + 2Cl_2$$

На основании стехиометрии и при условии полной конверсии углерода сырья в CO_2 (через последующую стадию превращения CO в избытке воздуха) коэффициент выбросов CO_2 не может быть меньше 0,826 тонны CO_2 на тонну TiO_2 (поскольку 1,5 моль CO_2 соответствует одному молю TiO_2).

3.7.2.1 Выбор метода

В целом метод расчёта выбросов CO_2 от производства диоксида титана одинаков, независимо от типа TiO_2, поскольку выбросы зависят от количества восстановителя или карботермического сырья. Согласно эффективной практике выбор метода зависит от наличия региональных данных для оценки выбросов от производства диоксида титана. Выбросы CO_2 от промышленного процесса производства TiO_2 происходят в первую очередь в результате окисления углерода при производстве титанового шлака, в результате окисления угля при производстве синтетического рутила по способу Бечера и в результате окисления нефтяного кокса при производстве рутилового TiO_2 по хлоридному способу.

Метод уровня 1

В методе уровня 1 используют коэффициенты выбросов по умолчанию МГЭИК, умноженные на данные об объемах производства диоксида титана в регионе. Основное уравнение для расчёта выбросов CO_2 (Уравнение 3.10) (*Межправительственная, 2006*):

Уравнение 3.10

Выбросы CO_2 от производства титанового шлака, синтетического рутила и рутилового TiO_2 – уровень 1

$$E_{CO_2} = \Sigma\,(AD_i \bullet EF_I)$$

где:

E_{CO_2} = региональные выбросы CO_2, тонны;

AD_i = объемы регионального производства титанового шлака, синтетического рутила или рутилового TiO_2 (продукт *i*), тонны;

EF_I = коэффициент выбросов CO_2 на единицу продукции титанового шлака, синтетического рутила или рутилового TiO_2 (продукт *i*), тонны CO_2/тонну продукта.

Метод уровня 2

В Руководящих принципах МГЭИК содержатся более точные методы оценки выбросов от производства диоксида титана, однако их применение требует детальных данных на уровне предприятий (*Межправительственная, 2006*). Учитывая то, что хлоридный тип производства, приводящий к выбросам, в настоящий момент не является доминирующим в России, следует ожидать, что суммарные выбросы от данной кате-

гории будут не столь значительными. Поэтому в рамках Методических рекомендаций применение уровня 1 предполагается достаточным.

Блок 3.6 – Двойной учёт
Во избежание двойного учёта, количества электродного углерода, угля-восстановителя и нефтяного кокса, израсходованные по хлоридному способу, следует вычесть из количества энергетического и неэнергетического использования, указанного в СЕКТОРЕ «ЭНЕРГЕТИКА».

3.7.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

Если информация на уровне региона недоступна или ограничена, то согласно эффективной практике используют коэффициенты, рекомендованные МГЭИК. Эти коэффициенты основаны на международной практике и их значения, согласно экспертной оценке МГЭИК, соответствуют среднемировым. Коэффициенты основаны на оценках количества восстановителя или карботермического сырья на единицу продукции, предполагая полную конверсию углерода в CO_2, что является консервативным подходом и ведет к некоторому завышению оценок выбросов. Коэффициенты МГЭИК для синтетического рутила и рутилового TiO_2 представлены в таблице 3.8. Коэффициент для титанового шлака не определён (*Межправительственная, 2006*).

Таблица 3.8 – Коэффициенты МГЭИК для производства диоксида титана (тонны CO_2 на тонну продукта)

Продукт	**Коэффициент выбросов и соответствующая ему неопределённость (тонны CO_2/тонну продукта)**
Титановый шлак	Нет данных
Синтетический рутил	1,43 (± 10%)
Рутиловый диоксид титана (хлоридный способ)	1,34 (± 15%)

3.7.2.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

По правилам эффективной практики при использовании метода уровня 1 важно провести чёткое разграничение между продуктами, чтобы использовать при расчете соответствующие конкретным продуктам коэффициенты выбросов. Для метода уровня 1 требуются данные о региональном производстве титанового шлака, синтетического рутила и рутилового TiO_2. Данные о производстве диоксида титана в Российской Федерации органами Росстата не учитываются. Поэтому единственным источником данных могут быть промышленные компании и предприятия, выпускающие диоксид титана.

Если нет данных на уровне субъекта РФ, то можно использовать информацию о производственной мощности, при этом выбросы рассчитывают с использованием коэффициентов выбросов МГЭИК. В эффективной практике суммарную производствен-

ную мощность региона умножают на коэффициент использования мощностей 80% ± 10% (т.е от 70 до 90%).

3.7.2.4 Полнота

Для полного учёта производства диоксида титана необходимы данные обо всех выбросах от всех источников, включая титановый шлак, синтетический рутил и рутиловый TiO_2. Выбросы CO_2 являются основными выбросами этого промышленного процесса.

3.7.3 Оценка неопределённостей

Неопределенности коэффициентов выбросов

Неопределенности для значений по умолчанию были выведены на основании мнения экспертов и представлены в таблице 3.8.

Неопределенности данных о деятельности

Если данные о деятельности получают с заводов, то оценки неопределённостей можно получить от производителей. Данные, полученные от национальных статистических агентств, обычно не сдержат оценки неопределённостей. Если значения неопределённостей не доступны из других источников, то можно применить значение по умолчанию ±5%.

3.8 ПРОИЗВОДСТВО КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ (КАРБОНАТА НАТРИЯ)

3.8.1 Введение

Кальцинированная сода (карбонат натрия, Na_2CO_3) – является одним из важнейших продуктов химической промышленности; и используется в качестве исходного материала во многих отраслях промышленности, включая производство стекла, мыла и моющих средств, целлюлозы и бумаги, в черной и цветной металлургии и в других отраслях промышленности. (Коломиец М. с соавт, 2008). Диоксид углерода (CO_2) выделяется при использовании кальцинированной соды; эти выбросы учитываются как источник в той промышленности, где она применяется, см. главу 2. CO_2 также выделяется в процессе производства кальцинированной соды, при этом количество CO_2 зависит от типа промышленного процесса. Выбросы CO_2 от производства кальцинированной соды значительно меняются в зависимости от производственного процесса. В российском производстве кальцинированной соды в значительной мере (порядка 70%) доминирует аммиачный метод Сольве. Кроме того, в нашей стране соду получают из нефелин-содержащих руд, и нигде в мире, кроме России, эта технология не внедрена в промышленном масштабе (Коломиец М. с соавт, 2008; ИнфоМайн, 2008; *Межправительственная, 2006*).

3.8.2 Производство кальцинированной соды

По аммиачному методу Сольве

При производстве соды методом Сольве раствор хлорида натрия, карбонатное сырье (известняк, мел), доменный кокс и аммиак используются в качестве сырьевых материалов в серии реакций, приводящих к образованию кальцинированной соды. При этом аммиак возвращается в цикл и теряется лишь в небольшом количестве. Последовательность реакций в процессе Сольве можно описать следующим образом:

$$CaCO_3 + \text{нагрев} = CaO + CO_2$$

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

$$2NaCl + 2H_2O + 2NH_3 + 2CO_2 = 2NaHCO_3 + 2NH_4Cl$$

$$2NaHCO_3 + \text{нагрев} = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl = CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$$

Суммарная реакция выглядит так:

$$CaCO_3 + 2NaCl = Na_2CO_3 + CaCl_2$$

В серии реакций, показанных выше, CO_2 выделяется в двух стадиях:

- Обжиг карбонатного сырья
- Кальцинирование (термическое разложение гидрокарбоната натрия ($NaHCO_3$).

Образующийся CO_2 улавливают, сжимают и направляют в башни осаждения Сольве, где CO_2 поглощается смесью солевого раствора (водного раствора NaCl) и аммиака. Хотя CO_2 образуется как побочный продукт, его извлекают и возвращают в процесс на стадии карбонизации, поэтому теоретически процесс нейтральный, т.е. выделение CO_2 равно потреблению CO_2.

На практике некоторое количество CO_2 улетает в атмосферу при производстве методом Сольве, поскольку образуется больше CO_2, чем требуется стехиометрически. Избыток CO_2 возникает при кальцинировании известняка с доменным коксом. Известняк соединяется с коксом в количестве около 7% от веса известняка.

Процесс комплексной переработки нефелин-содержащих руд

В основе производства соды по данной технологии лежат нефелин-содержащие руды, к которым относят нефелиновые и нефелин-апатитовые. Нефелин представляет собой минерал, содержащий группы щелочных алюмосиликатных пород ((Na_2O, K_2O) $Al_2O_3(2+n)SiO_2$, где n изменяется от 0 до 2). Состав руд непостоянен и может существенно меняться для различных месторождений. При производстве кальцинированной соды руды подвергают комплексной переработке. Способ переработки выбирается в зависимости от специфики конкретного производства. В результате образуются растворы карбонатов или гидроксидов щелочных металлов (Na, K), которые затем

направляются на непосредственное производство соды. Технологический процесс переработки полученного раствора состоит из следующих основных стадий:

- нейтрализации исходного раствора;
- концентрационной выпарки раствора и растворения в нем двойной соли;
- первой стадии выделения соды;
- выделения сульфата калия;
- второй стадии выделения соды;
- выделения двойной соли;
- выделения хлорида калия;
- выделения карбоната калия (поташа).

В зависимости от способа переработки нефелин-содержащих руд (в частности, при спекании нефелина с известняком: $(K, Na)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 4CaCO_3 = 2(K, Na)\ AlO_2 + 2Ca_2SiO_4 + 4CO_2$) может выделяться некоторое количество CO_2. Поэтому при определении потенциальных источников парниковых газов важно уточнять технологии производства соды на каждом предприятии в регионе. При наличии выбросов CO_2 в атмосферу, их необходимо учитывать при составлении региональных кадастров (Мельников Е.Я. с соавт, 1983; Зайцев И.Д. соавт., 1986; Коломиец М. с соавт, 2008; ИнфоМайн, 2008; Межправительственная, 2006).

Оценка выбросов CO_2 для каждого предприятия, производящего кальцинированную соду в регионе, должна быть основана на общем балансе CO_2 для всего химического процесса. При оценке выбросов с предприятия, применяющего аммиачный метод Сольве, можно использовать упрощённый вариант баланса, который предполагает, что выбросы CO_2 происходят от стехиометрического окисления углерода кокса. Производство кальцинированной соды относится к деятельности химической промышленности, поэтому выбросы следует учитывать в секторе «Промышленные процессы и использование продукции» (ППИП) (*Межправительственная, 2006*).

Блок 3.7 – Двойной учёт
Во избежание двойного учёта выбросы CO_2 от производства кальцинированной соды должны быть учтены в СЕКТОРЕ ППИП, а не в СЕКТОРЕ «ЭНЕРГИЯ». Кокс, применяемый в производственном процессе Сольве, должен быть вычтен из СЕКТОРА «ЭНЕРГЕТИКА» как неэнергетическое использование кокса.

3.9 НЕФТЕХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПРОИЗВОДСТВО САЖИ

3.9.1 Введение

В нефтехимической промышленности в качестве сырья используются ископаемые виды топлива (например, природный газ) или продукты перегонки нефти (например, лигроин). В этом разделе представлено руководство по оценке выбросов CO_2 и CH_4 от

производства метанола, этилена и пропилена[12], этилендихлорида, этиленоксида (оксирана, окиси этилена), и акрилонитрила, а также от производства сажи (технического углерода), которая непосредственно не считается нефтехимическим продуктом; однако в процессе ее производства используется нефтехимическое сырьё. Однако существуют также другие нефтехимические процессы, в которых выделяется некоторое количество парниковых газов и для которых не предусмотрено специальное руководство (например, для производства стирола).

Отнесение и отчётность

В рамках нефтехимической промышленности и производства сажи первичные ископаемые виды топлива (природный газ, нефть, уголь) используются для неэнергетических целей для получения нефтехимических продуктов и сажи.

Выбросы от сжигания топлива, полученного из исходного сырья, должны быть отнесены к категории источников в секторе ППИП. Однако, если это топливо не используется внутри категории источника, а транспортируется в другое место с целью сжигания (например, для районного теплоснабжения), то выбросы следует учитывать в соответствующей категории источников в секторе «Энергетика».

Обратите внимание, что региональные энергетические статистики могут включать всё сжигание ископаемого топлива (включая природный газ, нефть и уголь) и вторичного топлива (например, промышленные отходящие газы) с целью получения энергии. Важно исследовать, было ли включено в национальную энергетическую статистику топливо, использованное в нефтехимической промышленности. Если было включено, то выбросы от нефтехимических процессов следует вычесть из выбросов, рассчитанных для сектора «Энергетика», чтобы не допустить двойного учёта. Это особенно справедливо для этилена и метанола, для которых потребление первичного топлива (например, природного газа, этана, пропана) в качестве сырья может быть включено в национальные энергетические статистики.

При рассмотрении данной категории источников следует принимать во внимание технологии улавливания диоксида углерода (CO_2). Уловленный где-то в другом месте CO_2 может использоваться в нефтехимическом процессе в качестве сырья; при этом в самом нефтехимическом процессе также может быть уловлен CO_2. Для того чтобы не допустить двойного учёта, количество уловленного CO_2 не включают в выбросы CO_2 от процесса, в котором он был уловлен.

Метанол

В настоящее время Россия является крупным производителем и экспортером метанола, одного из наиболее важных по значению крупнотоннажных продуктов химической промышленности. Большая часть российского производства метанола основана на методе каталитического синтеза[13] (блок 3.8). Из природного газа образуется «син-

---

[12] *Обратите внимание, что нет отдельной методики инвентаризации для пропилена. Пропилен рассматривается как сопутствующий продукт производства этилена.*

[13] http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=952

тез-газ», который состоит из CO_2, монооксида углерода (CO) и водорода (H_2**).** В процессе производства часть синтез-газа может попасть в атмосферу.

Блок 3.8 – Описание процесса производства метанола

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ

В основе современного промышленного способа получения метанола лежит каталитический синтез из оксида углерода и водорода (синтез-газа), сырьем для которого главным образом является природный газ (преимущественно метан):

Каталитическая конверсия

$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3\ H_2$

$C_nH_m + nH_2O \rightarrow nCO + (m/2 + n)\ H_2$

Производство метанола

$CO + 2\ H_2 \rightarrow CH_3OH$

Также известны, но менее распространены схемы употребления с этой целью отходов нефтепереработки, коксующихся углей, отходы производства ацетилена и прочее[14].Из природного газа образуется «синтез-газ», который содержит некоторое количество CO_2. В процессе производства часть синтез-газа и метана может попасть в атмосферу.

Однако на практике с целью достижения максимальной эффективности производства технологические схемы процесса могут иметь свою специфику от предприятия к предприятию. На некоторых предприятиях, к примеру, реализована технология получения метанола, интегрированная в аммиачное производство.

Этилен

В России этилен производится методом парового крекинга прямогонного бензина с выходом этилена около 30% (блок 3.9) (MA ROIF Expert; 2014). В процессе производства этилена методом парового крекинга образуются также вторичные продукты, в том числе пропилен и бутадиен.

Блок 3.9 – Описание процесса производства этилена

(ПАРОВОЙ КРЕКИНГ)

Основная химическая реакция производства этилена:

Дегидрирование этана до этилена: $C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$

Паровой крекинг нефтехимического сырья с целью получения этилена также даёт другие нефтехимические продукты, включая ароматические соединения. Значительное количество пропилена может производиться в виде побочного продукта производства этилена. Существуют и другие технологии производства пропилена. Обратите внимание, что методы оценки выбросов в этом разделе относятся только к производству этилена и пропилена в установках парового крекинга и не относятся к другим технологиям производства этилена или пропилена. В процессе парового крекинга также образуются побочные продукты водород и углеводороды C4+, которые обычно сжигают для получения энергии для процесса.

[14] http://n-azot.ru/product.php?product=12&lang=RU

Этилендихлорид и хлористый винил

Существуют несколько методов промышленного получения этилендихлорида (1,2-дихлорэтан): методом прямого хлорирования (основной метод в России)[15] или оксихлорирования этилена, либо комбинацией этих двух методов (которая называется «сбалансированный процесс») (блок 3.10).

Блок 3.10 – Описание процесса получения этилендихлорида и хлористого винила

ПРЯМОЕ ХЛОРИРОВАНИЕ

Прямое хлорирование включает газофазную реакцию этилена с хлором с образованием этилендихлорида, который затем подвергается крекингу с образованием хлористого винила и соляной кислоты.

Прямое хлорирование	*Этилендихлорид>хлористый винил*
$C_2H_4 + CI_2 \rightarrow C_2H_4CI_2$	$2\ C_2H_4Cl_2 \rightarrow 2\ CH_2CHCl + 2\ HCl$

Прямое хлорирование с образованием этилендихлорида протекают не со 100%-ным расходованием исходного этилена. Около 3% исходного этилена не конвертируется в этилендихлорид, а превращается в другие хлорированные углеводороды. Отходящий газ процесса, содержащий другие хлорированные углеводороды, обычно подвергается обработке, перед тем как быть выброшенным в атмосферу. Хлорированные углеводороды превращаются в CO_2 в процессе термического или каталитического окисления. Большинство заводов по производству этилендихлорида/мономера хлористый винил используют энергию, которая выделяется при сжигании отходящих газов или отработанных газов процесса.

Этиленоксид (оксирана, окиси этилена)

Этиленоксид (C_2H_4O) получают реакцией этилена с кислородом в присутствии катализатора (блок 3.11). Побочный продукт (CO_2**)** реакции прямого окисления исходного этилена извлекается и может быть выброшен в атмосферу или использован (например, в пищевой промышленности). Кислород может подаваться в процесс либо вместе с воздухом, либо в чистом виде (без воздуха).

Блок 3.11 – Описание процесса производства этиленоксида

Уравнения основных химических реакций производства моноэтиленгликоля и получения

Реакция синтеза этиленоксида	*Реакция окисления сырья*	*Производство моноэтиленгликоля*
$C_2H_4 + 1/2\ O_2 \rightarrow C_2H_4O$	$C_2H_4+3O_2 \rightarrow 2CO_2+2H_2O$	$C_2H_4O+H_2O \rightarrow HO–C_2H_4–OH$

Селективность процесса получения этиленоксида определяется как соотношение процессов образования этиленоксида и побочного продукта (в тоннах потреблённого этилена на тонну продукции окиси этилена). Комбинированная реакция образования этиленоксида и побочного продукта CO_2 экзотермична; тепло, выделяемое в этой реакции, используется для получения пара для процесса. В процессе получения этиленоксида также образуются другие жидкие и газообразные побочные продукты (например, этан), которые можно сжечь для получения энергии в рамках процесса.

[15] http://bashneftehim.ru/dixloretan.html

Акрилонитрил

На российских предприятиях органического синтеза акрилонитрил получают способом окислительного аммонолиза пропилена, стабилизированного аммиаком или гидрохиноном, или п-метоксифенолом[16] (способ SOHIO) (блок 3.12).

Блок 3.12 – Описание процесса производства акрилонитрила

(Способ SOHIO)

В результате реакций образуются акрилонитрил (как первичный продукт) и ацетонитрил (метилцианид) и циановодород (HCN) (как вторичные продукты).

Реакция образования акрилонитрила

$$CH_2 = CHCH_3 + 1{,}5O_2 + NH_3 \rightarrow CH_2 = CHCN + 3H_2O$$

Реакция образования ацетонитрила

$$CH_2 = CHCH_3 + 1{,}5O_2 + 1{,}5NH_3 \rightarrow 1{,}5CH_3CN + 3H_2O$$

Реакция образования циановодорода

$$CH_2 = CHCH_3 + 3\,O_2 + 3NH_3 \rightarrow 3HCN + 6H_2O$$

Окисление сырья

$$C_3H_6 + 4{,}5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O$$

$$C_3H_6 + 3O_2 \rightarrow 3CO + 3H_2O$$

В качестве побочных продуктов образуются CO_2, CO, вода и другие углеводороды. В акрилонитрил превращается около 70% исходного пропилена. При этом около 85% исходного пропилена подвергается конверсии в первичный продукт акрилонитрил и вторичные продукты ацетонитрил и циановодород. Ацетонитрил и циановодород отделяют от акрилонитрила и в дальнейшем их могут использовать:

- в производстве другой продукции на самом предприятии;
- реализовать как товарные продукты;
- сжигать с целью получения энергии или на факеле.

Отходящий газ от основного абсорбера, содержащий CO_2, CO, азот, воду, непрореагировавший пропилен и другие углеводороды, может быть сожжён или переработан в установке термического или каталитического окисления с извлечением или без извлечения энергии. Тяжёлые остаточные жидкости от процесса разделения ацетонитрила – циановодорода -акрилонитрила могут быть также сожжены с извлечением энергии или возвращены в цикл. В процессе производства акрилонитрил и другие углеводороды (исключая CH_4) также выделяются из различных вентиляционных выбросов процесса, которые также могут быть сожжены, а выделившееся тепло либо использоваться для получения энергии, либо – нет.

Сажа (технический углерод)

Сажу получают из нефтяного или угольного сырья по так называемому «процессу печной сажи» (блок 3.13). Процесс получения печной сажи – это процесс частичного окисления, в котором часть сырья углеродной сажи сжигают для снабжения процесса энергией.

[16] http://www.saratov.lukoil.com/main/static.asp?art_id=401&ver_id=468

Блок 3.13 – Описание процессов производства сажи

ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ПЕЧНОЙ САЖИ

Печную сажу получают из «сырья углеродной сажи», которое представляет собой тяжёлые фракции, которые образуются в качестве побочного продукта в процессе перегонки нефти либо в процессе получения доменного кокса. Сырьё вводят в печь, которая нагревается «вторичным сырьём» (обычно природным газом). Вторичное сырьё (природный газ) и часть сажевого сырья окисляются, выделяя тепло для пиролиза остальной части сырья с образованием сажи. Отходящий газ помимо иных компонентов содержит CO_2, CO, CH_4. Часть остаточного газа обычно сжигают с целью получения энергии, которую используют в процессе. Другая часть остаточного газа также может быть сожжена с получением энергии или без, либо просто выброшена в атмосферу.

ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ САЖИ

«Термическую сажу» получают термическим разложением углеводородов в двух печах, которые нагревают вторичным сырьём (обычно природным газом) и/или отходящим газом. Выход этого процесса составляет около 45% от общей загрузки в процесс (или 40% по отношению к общему количеству израсходованного сырья углеродной сажи); потребление энергии составляет около 280 МДж/кг продукции сажи.

ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ АЦЕТИЛЕНОВОЙ САЖИ

Сажу получают из ацетилена или из смеси лёгких углеводородов с ацетиленом путём экзотермического разложения ацетилена до сажи. Выход сажи – около 95-99% от теоретического. Ацетиленовая сажа содержит приблизительно 99,7% углерода.

ДРУГИЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА

Способ получения канальной газовой сажи включает частичное окисление паров сырья углеродной сажи, которое сжигают в печи с газом-носителем (это может быть газ из камерных печей, водород или метан). Выход сажи может составить 60% от общей загрузки углерода для производства сажи для резиновых смесей или 10-30% от общей загрузки углерода для производства пигментной сажи.

3.9.2 Вопросы методологии

3.9.2.1 Выбор метода

Выбросы от нефтехимического производства и производства сажи зависят технологии и применяемого сырья. В рамках Методических рекомендаций рассматривается метод уровня 1. Дополнительные методологические рекомендации доступны в Руководящих принципах МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

Метод уровня 1

ДИОКСИД УГЛЕРОДА

Метод уровня 1 применяется для оценки выбросов CO_2 в том случае, если не известны ни заводские данные, ни данные о деятельности для потоков углерода в нефтехимическом процессе. Для метода уровня 1 необходимы только данные по количеству

полученного продукта. Уравнения, представленные в этом разделе для нефтехимических промышленных процессов также применимы и к производству сажи.

Уравнение 3.11

Расчёт выбросов CO_2 – уровень 1

$$E_{CO_2\,i} = PP_i \bullet EF_i \bullet GAF$$

где:

$E_{CO_2\,i}$ = выбросы CO_2 от производства нефтехимического продукта i, тонны;

PP_i = годовое производство нефтехимического продукта i, тонны;

EF_i = коэффициент выбросов CO_2 для нефтехимического продукта i, тонны CO_2 /тонну продукта;

GAF = географический поправочный коэффициент, дробь для России: *1,3.*

Географический поправочный коэффициент применяется только для производства этилена.

Если региональные данные о деятельности для годового производства первичного продукта не известны, то производство первичного продукта можно рассчитать на основании потребления сырья, как показано в уравнении 3.12:

Уравнение 3.12

Расчёт производства первичного продукта

$$PP_i = \Sigma\,(FA_{ik} \bullet SPP_{ik})$$

где:

PP_i = годовое производство нефтехимического продукта i, тонны;

FA_{ik} = годовое потребление сырьевого материала к для производства нефтехимического продукта i, тонны;

SPP_{ik} = коэффициент производства первичного нефтехимического продукта i из сырьевого материала к, тонны первичного продукта/тонны потреблённого сырья.

МЕТАН

Выбросы CH_4 от нефтехимических процессов могут включать утечки и вентиляционные выбросы. Утечки происходят из фланцев, клапанов и другого технологического оборудования. Вентиляционные выбросы включают неполное сгорание в факеле отработанных газов и в системе утилизации энергии. Выбросы CH_4 по методу уровня 1 можно рассчитать по уравнению 3.13 (утечки), по уравнению 3.14 (вентиляционные выбросы) и по суммирующему уравнению 3.15. Если данные о годовом производстве первичного продукта не известны, но известны данные о потреблении сырья в нефтехимическом процессе, то следует использовать уравнение 3.12 для расчёта годового производства первичного продукта; затем оценку годового производства первичного

продукта, полученную по уравнению 3.12, следует использовать в уравнении 3.13 и 3.14 для расчёта выбросов.

Уравнение 3.13

Расчёт летучих выбросов CH_4 – уровень 1

$$E_{CH_4\text{Утечки, i}} = PP_i \bullet EFf_i$$

Уравнение 3.14

Расчёт вентиляционных выбросов CH_4 – уровень 1

$$E_{CH_4\text{Вент., i}} = PP_i \bullet EFp_i$$

Уравнение 3.15

Расчёт общих выбросов CH_4 – уровень 1

$$E_{CH_4\text{Общие, i}} = E_{CH_4\text{Утечки, i}} + E_{CH_4\text{Вент. i}}$$

где:

$E_{CH_4\text{Общие, i}}$ = общее количество выбросов CH_4 от производства нефтехимического продукта i, кг;

$E_{CH_4\text{Утечки, i}}$ = утечки CH_4 от производства нефтехимического продукта i, кг;

$E_{CH_4\text{Вент. i}}$ = вентиляционные выбросы CH_4 от производства нефтехимического продукта i, кг;

PP_i = годовое производство нефтехимического продукта i, тонны;

EFf_i = коэффициент утечек CH_4 для нефтехимического продукта i, кг CH_4/тонну продукта;

EFp_i = коэффициент вентиляционных выбросов CH_4 для нефтехимического продукта i, кг CH_4/тонну продукта.

Метод уровня 2

На практике количество выбросов от нефтехимических производств зависит от типа применяемой технологии и специфики реализации конкретной технологической схемы (тип сырья, используемые катализаторы, рабочие температура и давление, внедрение технологий улавливания или перераспределения технологических потоков и прочее). Поэтому региональные коэффициенты, учитывающие технологическую специфику производства, могут дать наиболее достоверную оценку выбросов. Метод уровня 2 предполагает применение региональных коэффициентов выбросов к уравнениям уровня 1.

Метод уровня 2 также может быть реализован на основе составления баланса углерода для конкретного сырья и для конкретного процесса. Для использования методики уровня 2 необходимы данные обо всех потоках углерода. Однако по причине сложности нефтехимических производств, на практике учесть все потоки углерода невозможно без детального знания технологического процесса. Поэтому при реализации подходов уровня 2 рекомендуется консультироваться непосредственно на нефтехими-

ческом предприятии региона. Более подробно метод баланса потоков рассмотрен в Руководящих принципах МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

3.9.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В рамках метода уровня 1 применяют коэффициенты, рекомендованные МГЭИК, которые разработаны на основе среднемировых данных по нефтехимической промышленности с использованием консервативного подхода. Коэффициенты выбросов МГЭИК для CO_2 и CH_4 даны ниже (таблицы 3.10 – 3.24). Если известны национальные коэффициенты, то их используют в расчетах вместо коэффициентов выбросов МГЭИК. В случае если отсутствуют данные о деятельности относительно видов сырья и процессов, используемых в регионе для нефтехимического производства, тогда для оценки выбросов используют процессы по умолчанию, указанные в таблице 3.9, на основании которых далее выбирают коэффициенты выбросов (Межправительственная, 2006).

Таблица 3.9 – Сырье и процессы по умолчанию для нефтехимического производства – уровень 1

Нефтехимический процесс	Сырье	Процесс
Метанол	Природный газ	Каталитический синтез
Этилен	Лигроин	Паровой крекинг
Этилендихлорид/ мономер хлористый винил	Этилен	Сбалансированный процесс производства ЭДХ с интегрированным заводом по производству ХВ.
Окись этилена	Этилен	Каталитическое окисление, процесс с воздухом, с термической обработкой
Акрилонитрил	Пропилен	Аммонолиз со сжиганием вторичных продукции в факеле или с целью получения энергии
Сажа	Сырье углеродной сажи и природный газ	Процесс получения печной сажи с термической обработкой

Метанол

Таблица 3.10 – Коэффициенты выбросов CO_2 от производства метанола – уровень 1

Тип процесса	тонны CO_2/тонну продукции метанола
Каталитический синтез	0,67
Интегрированное производство метанола и аммиака	1,02
Диапазоны неопределенности	от -30% до +30%

Таблица 3.11 – Коэффициенты потребления сырья для производства метанола – уровень 1

Тип процесса	ГДж сырья/тонну продукции метанола
Каталитический синтез	36,5
Диапазоны неопределенности	от -30% до +30%

Таблица 3.12 – Коэффициенты выбросов CH_4 от производства метанола – уровень 1

Коэффициенты выбросов, кг CH_4 /тонну продукции метанола	**2,3**
Диапазоны неопределенности	от -80% до +30%

Этилен

Таблица 3.13 – Коэффициенты выбросов CO_2 от производства этилена паровым крекингом – уровень 1

Исходное сырьё	(тонны CO_2/тонну продукции(этилена)						Диапазон неопределенности
	Лигроин	Газойль	Этан	Пропан	Бутан	Прочее	
Этилен (общее использование сырья для процесса и для получения энергии)	1,73	2,29	0,95	1,04	1,07	1,73	от -30% до +30%
– Использование сырья для процесса	1,73	2,17	0,76	1,04	1,07	1,73	
– Использование дополнительного топлива (энергетическое сырьё)	0	0,12	0,19	0	0	0	

Таблица 3.14 – Коэффициенты выбросов CH_4 от производства этилена – уровень 1

Исходное сырьё	кг CH_4/тонну продукции этилена	Диапазон неопределенности
Этан	6	от -10% до +10%
Лигроин	3	
Все другие виды исходного сырья	3	

Этилендихлорид и хлористый винил

Таблица 3.15 – Коэффициенты выбросов CO_2 от процесса производства этилендихлорида (ЭДХ)/хлористого винила (ХВ) – уровень 1

Тип процесса	тонны CO_2/тонну продукции ЭДХ	тонны CO_2/тонну продукции ХВ
Прямое хлорирование		
Вентиляционные выбросы без сжигания	ничтожно малые выбросы	ничтожно малые выбросы
Выбросы от сжигания	0,191	0,286
Суммарный коэффициент выбросов	0,191	0286
Оксихлорирование		
Вентиляционные выбросы без сжигания	0,0113	0,0166
Выбросы от сжигания	0,191	0,286
Суммарный коэффициент выбросов	0,202	0,302
Сбалансированный процесс		
Вентиляционные выбросы без сжигания	0,0057	0,0083
Выбросы от сжигания	0,191	0,286
Суммарный коэффициент выбросов	0,196	0,294
Диапазон неопределенности	от -20% до +10%	

Таблица 3.16 – Коэффициенты потребления сырья для процесса производства этилендихлорида/хлористого винила – уровень 1

Тип процесса	тонны этилена/тонну продукции ЭДХ	тонны этилена/тонну продукции ХВ	Диапазон неопределенности
Прямое хлорирование	0,290	–	от -2% до +2%
Оксихлорирование	0,302	–	
Сбалансированный процесс	0,296	0,47	

Таблица 3.17 – Коэффициент выбросов CH_4 от процесса производства этилендихлорида/хлористого винила – уровень 1

Тип процесса	кг CH_4/тонну продукции ХВ	Диапазон неопределенности
Интегрированный завод ЭДХ/ХВ	0,0226	от -10% до +10%
Если известны данные о деятельности для потребления природного газа, то прямо к данным о деятельности, без использования коэффициента выбросов МГЭИК применяется значение 5 г CH4/ГДж		

Этиленоксид

Таблица 3.18 – Коэффициенты потребления сырья для производства этиленоксида и коэффициенты выбросов CO_2 – уровень 1

Тип процесса	Селективность катализатора	Потребление сырья (тонны этилена/ тонну этиленоксида)	Коэффициент выбросов (тонны CO_2/ тонну этиленоксида)	Диапазон неопределенности
Процесс с воздухом (по умолчанию)	70 (по умолчанию)	0,90	0,863	от -10% до +10%
	75	0,85	0,663	
	80	0,80	0,5	
Процесс с кислородом	75 (по умолчанию)	0,85	0,663	
	80	0,80	0,5	
	85	0,75	0,35	

Таблица 3.19 – Коэффициенты выбросов CH_4 от производства этиленоксида – уровень 1

Тип процесса	кг CH_4/тонну продукции этиленоксида	Диапазон неопределенности
Без термической обработки (по умолчанию)	1,79	от -60% до +60%
Термическая обработка	0,79	

Таблица 3.20 – Коэффициенты выбросов CO_2 от производства акрилонитрила – уровень 1

Тип процесса Аммонолиз пропилена	тонны CO_2/тонну продукции акрилонитрила	Диапазон неопределенности
Вторичные продукты, сожжённые с целью получения энергии/в факеле (по умолчанию)	1,00	от -60% до +60%
Ацетонитрил, сожжённый с целью получения энергии/в факеле	0,83	
Ацетонитрил и циановодород, извлеченные в качестве продукта	0,79	
Если нет данных о потреблении исходного пропилена, то его можно рассчитать на основании данных о производстве акрилонитрила, применив коэффициент потребления сырья МГЭИК (1,09 тонн израсходованного пропилена на тонну продукции акрилонитрила).		

Таблица 3.21 – Коэффициенты выбросов CH_4 от производства акрилонитрила – уровень 1

Коэффициенты выбросов, кг CH_4 /тонну продукции акрилонитрила	0,18
Диапазоны неопределенности	от -10% до +10%

Сажа

Таблица 3.22 – Коэффициенты выбросов CO_2 от производства сажи – уровень 1

Тип процесса	тонны CO_2/тонну продукции сажи			Диапазон неопределенности
	Первичное сырьё	Вторичное сырьё	Всё сырьё	
Процесс получения печной сажи	1,96	0,66	2,62	от -15% до +15%
Процесс получения термической сажи	4,59	0,66	5,25	
Процесс получения ацетиленовой сажи	0,12	0,66	0,78	

Таблица 3.23 – Коэффициенты выбросов CH_4 от производства сажи – уровень 1

Тип процесса	кг CH_4/тонну продукции сажи (остаточный газ процесса получения сажи)	Диапазон неопределенности
Без термической обработки	28,7	от -85% до +85%
Термическая обработка (по умолчанию)	0,06	

Таблица 3.24 – Коэффициенты производства вторичной продукции для процесса производства акрилонитрила

Вторичный продукт	кг вторичного продукта/тонну продукции акрилонитрила	Диапазон неопределенности
Ацетонитрил	18,5	От -20% до +20%
Циановодород	105	
Примечание: *коэффициенты производства вторичной продукции в этой таблице основаны на производстве акрилонитрила из пропилена. Если в качестве исходного сырья используется не пропилен, то коэффициенты из этой таблицы не применимы. Следует разрабатывать коэффициенты для конкретных типов процесса, чтобы применять их к производству акрилонитрила из непропиленового исходного сырья.*		

3.9.2.3 Выбор данных о деятельности

Общие аспекты сбора данных о деятельности обсуждаются в общей части Методических рекомендаций. Источниками данных могут служить:

- Территориальные органы государственной статистики РФ (Росстат);
- Соответствующие предприятия в регионе.

При работе с данными о деятельности (главным образом, объемы произведенной нефтехимической продукции) очень важно уточнять, вся ли продукция учтена и не произошло ли двойного счета, например, в случае включения объемов продукции, произведенной по иным технологиям, не приводящим к выбросам. Подробные рекомендации о работе с данными содержатся в *Руководящих принципах* МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

В случаях, когда для процесса парового крекинга данные о производстве этилена известны, но не известны данные о производстве вторичных продукции, тогда произ-

водство вторичных продуктов можно рассчитать с помощью коэффициентов по умолчанию из таблицы 3.25.

Таблица 3.25 – Матрицы сырьё-продукт для производства этилена методом парового крекинга

Исходное сырьё / Продукт	кг продукта/тонну сырья					
	Лигроин	**Газойль**	**Этан**	**Пропан**	**Бутан**	**Прочее**
Ценные химические вещества	645	569	842	638	635	645
Этилен	324	250	803	465	441	324
Пропилен	168	144	16	125	151	168
Бутадиен	50	50	23	48	44	50
Ароматические соединения	104	124	0	0	0	104
Топливные продукты и обратный поток	355	431	157	362	365	355
Водород	11	8	60	15	14	11
Метан	139	114	61	267	204	139
Этан и пропан после крекинга с рециркуляцией	0	0	0	0	0	0
Другие С4	62	40	6	12	33	62
С5/С6	40	21	26	63	108	40
С7+ не ароматические	12	21	0	0	0	12
<430С	52	26	0	0	0	52
>430С	34	196	0	0	0	34
Потери	5	5	5	5	5	5
Всего:	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Диапазон неопределенности	от -10% до +10					

3.9.2.4 Полнота

При расчёте выбросов CO_2 от нефтехимических процессов и производства сажи существует опасность двойного учёта или пропуска либо в секторе ППИП, либо в секторе «Энергетика». Заводы нефтехимической продукции и сажи производят метан и неметановые углеводородные соединения в качестве побочных продуктов, которые могут сжигаться с целью получения энергии, и эта полученная энергия может быть включена в национальные энергетические статистики в графе «прочие» виды топлива или в некой подобной категории. Если выбросы CO_2 от сжигания «прочего» топлива включают промышленные отходящие газы, которые сжигают для получения энергии, то необходимо ввести некоторую поправку к энергетической статистике или к оценке выбросов CO_2 от нефтехимического производства, чтобы не допустить двойного учёта выбросов CO_2.

Метанол

Метанол может продуцироваться биогенными (воспроизводимыми) источниками. Такой биогенный метанол может быть включён статистику национального производства метанола, что может привести к завышенной оценке выбросов CO_2 от ископаемого топлива (например, природного газа), из которого был произведён метанол, если не сделать поправку в данных о деятельности по производству метанола.

Этилен

Помимо парового крекинга этилен можно производить в нефтеперегонном и в нефтехимическом процессе. Такой этилен может быть включён в статистику национального производства этилена, что может привести к завышенной оценке выбросов CO_2 от производства этилена методом парового крекинга.

Этилендихлорид и мономер хлористый винил

Этилендихлорид является промежуточным нефтехимическим продуктом, который используется для получения мономера хлористый винил и другой продукции. Данные о деятельности по производству этилендихлорида могут быть неполными, поскольку этилендихлорид может быть превращён в мономер хлористый винил прямо на интегрированном заводе ЭДХ/ХВ. Поэтому может получиться так, что данные о деятельности для производства мономера хлористый винил окажутся более полными, чем данные о производстве этилендихлорида. Тем не менее, использование данных о деятельности для мономера хлористый винил в качестве суррогата данных об этилендихлориде также порождает проблемы, связанные с полнотой, поскольку не весь этилендихлорид расходуется на производство мономера хлористый винил. Поэтому следует ввести поправку в данные о деятельности для мономера хлористый винил, чтобы учесть использование этилендихлорида в производстве других видов продукции. На основании данных для Северной Америки и Европы использование этилендихлорида для производства продукции, отличной от мономера хлористый винил, составляет около 5% от общего производства этилендихлорида.

Окись этилена

Окись этилена является промежуточным нефтехимическим продуктом, который используется для получения этиленгликолей и других веществ. Данные о деятельности по производству окиси этилена могут быть неполными, поскольку окись этилена может быть превращена в этиленгликоль прямо на интегрированном заводе окиси этилена/этиленгликоля. Из окиси этилена можно также получить другие продукты (например, амины, простые эфиры и т.д.) на интегрированных заводах. Только около 70% мирового производства окиси этилена используется для производства этиленгликоля, поэтому данные о производстве химической продукции из окиси этилена, могут оказаться менее полными по охвату промышленности, чем данные о производстве окиси этилена.

Сажа

По-видимому, лишь небольшое количество сажи происходит из биогенных (возобновляемых) источников, таких как животный уголь и костяная сажа. Такая биогенная сажа может быть включена в национальные статистики производства сажи, что приведёт к завышению оценки выбросов CO_2 от производства сажи из ископаемого топлива. Также сажа может производиться в границах нефтеперегонных заводов, а не в химической промышленности. Считается, что сажа, произведённая на нефтеперегонном заводе, включена национальные статистики производства сажи, поэтому выбросы CO_2 от производства сажи на нефтеперегонных заводах должны быть учтены как выбросы от промышленных процессов (также как выбросы от производства сажи в рамках хими-

ческой промышленности). Данные о деятельности для сырья углеродной сажи, полученного из каменноугольного дёгтя, отработанных газов или ацетилена, могут быть не доступны, в результате чего выбросы CO_2 от производства сажи будут занижены, если использовался метод на основе углеродного баланса высокого уровня.

3.9.3 Оценка неопределённостей

Оценки неопределённостей для всех коэффициентов выбросов применительно ко всем технологическим процессам представлены в таблицах 3.10 – 3.24.

3.10 ПРОИЗВОДСТВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

3.10.1 Выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22

3.10.1.1 Введение

Трифторметан (ГФУ-23 или CHF_3) получают как побочный продукт производства хлордифторметана (ГХФУ-22 или $CHClF_2$).[17] Такие вещества, как ГФУ-23 (а также другие ГФУ, ПФУ и SF_6) плохо поглощаются водными (кислыми, нейтральными или щелочными) промывными растворами и выбрасываются в атмосферу. По оценкам, выбросы ГФУ-23 от заводов ГХФУ-22 составили почти 4% от производства ГХФУ-22 в 1990 году при отсутствии мер по снижению выбросов. В мире существует немного заводов по производству ГХФУ-22 и, следовательно, ограниченное число точечных источников выбросов ГФУ-23. В Российской Федерации ГХФУ-22 производится на трех химических комбинатах: ОАО «Галополимер Пермь», ООО «Галополимер Кирово-Чепецк», ВОАО «Химпром». На первых двух комбинатах, доля которых в суммарном производстве ГХФУ-22 превышает 90%, были выполнены проекты совместного осуществления Киотского протокола, которые привели к существенному сокращению выбросов ГФУ-23.

3.10.1.2 Вопросы методологии выбор метода

Метод уровня 1 относительно прост и заключается в умножении коэффициента выбросов (регионального или по умолчанию) на количество продукции ГХФУ-22. Этот метод можно применять на уровне предприятия или на уровне региона. Метод уровня 2 пригоден только для расчётов на уровне предприятия, поскольку требует дополнительных данных. Поскольку на предприятиях РФ практикуется улавливание и разрушение попутных выбросов ГФУ-23, согласно, эффективной практики, следует получать необходимые для расчетов данные непосредственно с предприятий.

Согласно Руководящим принципам МГЭИК выбросы, уловленные с помощью систем очистки, следует по возможности вычесть из общей оценки для каждого завода независимо от применяемого метода оценки выбросов.

Метод уровня 1

В методе уровня 1 используется коэффициент выбросов для оценки образования (и потенциальных выбросов) ГФУ-23 на основании данных о производстве ГХФУ-22 на предприятии региона. (См. уравнение 3.16).

---

[17] *ГХФУ-22 используется во многих изделиях как хладагент, как компонент для вспенивания и как химическое сырьё для производства синтетических полимеров.*

Уравнение 3.16

Расчёт выбросов ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 – уровень 1

$$E_{ГФУ\text{-}23} = EF \bullet P_{ГХФУ\text{-}22} - C_{ГФУ\text{-}23}$$

где:

$E_{ГФУ\text{-}23}$ = выбросы побочного продукта ГФУ-23, образовавшегося в процессе производства ГХФУ-22, кг;

EF = коэффициент выбросов ГФУ-23 МГЭИК, кг ГФУ-23/кг ГХФУ-22;

$P_{ГХФУ\text{-}22}$ = суммарное производство ГХФУ-22, кг;

$C_{ГФУ\text{-}23}$ = количество ГФУ-23, уловленного с помощью систем очистки выбросов, кг.

Если детальные данные предприятия об улавливании и разрушении ГФУ-23 не доступны, применяется консервативное допущение о том, что все рассчитанное количество ГФУ-23 было выброшено в атмосферу.

Метод уровня 1 можно использовать при условии, что данная категория выбросов не является ключевой в регионе.

Метод уровня 2

В методе уровня 2 выбросы ГФУ-23 оцениваются с учетом детальных данных об объемах производства, сбора и улавливания попутного ГФУ-23, а также данных о выходе ГХФУ-22 по углероду и фтору на уровне предприятия.

Уравнение 3.17

Расчёт выбросов ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 – уровень 2

$$E_{ГФУ\text{-}23} = EF_{расч.} \bullet P_{ГХФУ\text{-}22} - C_{ГФУ\text{-}23}$$

где:

$E_{ГФУ\text{-}23}$ = выбросы побочного продукта ГФУ-23, образовавшегося в процессе производства ГХФУ-22, кг;

$EF_{расч.}$= коэффициент выбросов ГФУ-23 на уровне предприятия, кг ГФУ-23/кг ГХФУ-22;

$P_{ГХФУ\text{-}22}$= суммарное производство ГХФУ-22, кг;

$C_{ГФУ\text{-}23}$ =количество ГФУ-23, уловленного с помощью систем очистки выбросов, кг.

Коэффициент выбросов можно рассчитать на основании выхода ГХФУ-22 по углероду (уравнение 3.18) и по фтору (уравнение 3.19). Значение, используемое в уравнении 3.17, должно быть равно среднему арифметическому этих двух величин, в том случае если нет других более важных соображений (например, намного более низкая неопределённость одного из измерений коэффициентов выходов), которые должны быть задокументированы. Годовые средние выходы основного продукта по углероду и

фтору – это показатели хорошо управляемого завода по выпуску ГХФУ-22 и они обычно известны оператору завода.

Уравнение 3.18

Расчёт коэффициента выбросов ГФУ-23 на основании выхода основного продукта по углероду

$$EF_{углерод} = \frac{(100 - CBE)}{100} \bullet F_{потерь} \bullet FCC$$

где:

$EF_{УГЛЕРОД}$ = коэффициент выбросов ГФУ-23, рассчитанный на основании выхода основного продукта по углероду, кг ГФУ-23/кг ГХФУ-22;

CBE = выход основного продукта по углероду (т.е. отношение массы углерода в продукте HCFC-22 к массе углерода в сырье ГХФУ-22, умноженное на 100%), %;

$F_{потерь}$ = коэффициент, который относит потерю выхода основного продукта к количеству ГФУ-23, дробь;

FCC = коэффициент для углеродного содержания этого компонента (= 0,81), кг ГФУ-23/кг ГХФУ- 22;

Уравнение 3.19

Расчёт коэффициента выбросов ГФУ-23 на основании выхода основного продукта по фтору

$$EF_{фтор} = \frac{(100 - FBE)}{100} \bullet F_{потерь} \bullet FFC$$

где:

$EF_{ФТОР}$ = коэффициент выбросов ГФУ-23, рассчитанный на основании выхода основного продукта по фтору, кг ГФУ-23/кг ГХФУ-22;

FBE = выход основного продукта по фтору (т.е. отношение массы фтора в продукте HCFC-22 к массе фтора в сырье ГХФУ-22, умноженное на 100%), %;

$F_{потерь}$ = коэффициент, который относит потерю выхода основного продукта к ГФУ-23, дробь;

FFC = коэффициент для содержания фтора этого компонента (= 0,54), кг ГФУ-23/кг ГХФУ-22.

Коэффициент, относящий потерю выхода основного продукта к количеству ГФУ-23, специфичен для каждого завода и, если используется этот метод расчёта, то коэффициент должен устанавливать оператор процесса. По умолчанию, это значение равно1; это значит, что вся потеря выхода основного продукта происходит благодаря сопутствующему производству ГФУ-23. На практике, как правило, образование ГФУ-23 ответственно за самую значительную часть потери выхода основного продукта, которая намного больше, чем потеря сырья или продукции.

Коэффициенты содержания углерода и фтора рассчитаны на основании химической формулы ГФУ-23 и ГХФУ-22, они одинаковы для всех заводов по производству ГХФУ-22 и составляют 0,81 для углерода и 0,54 для фтора.

Метод уровня 3

Методика уровня 3 изложена в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Выбор коэффициентов выбросов

Если нет данных предприятия для расчета коэффициентов выбросов и данных по объемам улавливания и разрушения попутных выбросов ГФУ-23, то следует использовать коэффициенты выбросов по умолчанию и метод уровня 1 для оценки выбросов.

Если есть только статистические данные об объемах производства ГХФУ-22, следует использовать коэффициенты выбросов по умолчанию с учетом сбора и разрушения попутных выбросов ГФУ-23 (таблица 3.26).

Если имеются данные об объемах производства ГХФУ-22 и объемах сбора и разрушения ГФУ-23, следует рассчитать количество ГФУ-23, образующегося в процессе производства ГХФУ-22, с использованием коэффициентов из таблицы 3.27 и затем вычесть количество уловленного и разрушенного ГФУ-23.

Однако эти оценки выбросов будут связаны с довольно высокими неопределенностями, поэтому составителям регионального кадастра выбросов необходимо использовать все возможности для получения данных предприятия, нужных для расчета выбросов по методике уровня 2.

Таблица 3.26 – Коэффициенты выбросов ГФУ-23 по умолчанию с учетом улавливания ГФУ-23

Период времени	Коэффициент выбросов (кг ГФУ-23/кг продукции ГХФУ-22)		
	ОАО «Галополимер Пермь»	ООО «Галополимер Кирово-Чепецк»	ВОАО «Химпром»
до 2002г.	0,06	0,06	0,12
2002 – 2005 гг.	0,04	0,04	0,12
2006 – 2009 гг.	0,03	0,03	0,15
2010 – настоящее время	0,005	0,008	0,15

Таблица 3.27 – Коэффициенты выбросов ГФУ-23 по умолчанию без учета улавливания ГФУ-23

Период времени	Коэффициент выбросов (кг ГФУ-23/кг продукции ГХФУ-22)		
	ОАО «Галополимер Пермь»	ООО «Галополимер Кирово-Чепецк»	ВОАО «Химпром»
до 2002г.	0,07	0,07	0,12
2002 – 2005 гг.	0,045	0,05	0,12
2006 – 2009 гг.	0,05	0,037	0,15
2010 – настоящее время	0,06	0,037	0,15

Выбор данных о деятельности

При использовании метода уровня 1 предпочтительным является получение данных о производстве ГХФУ-22 прямо от производителей. Это позволит использовать метод более высокого уровня при оценке выбросов ГФУ-23. Данные об объемах производства должны учитывать всё производство ГХФУ-22 за год – для продажи и для внутреннего использования в качестве сырья. В некоторых условиях производители могут считать данные об объёмах производства завода конфиденциальными. В Монреальском протоколе зафиксировано требование о предоставлении информации производстве ГХФУ-22 для сбора данных о деятельности на национальном уровне.

Если получение данных от производителей по каким-то причинам не представляется возможным, можно использовать данные об объемах производства ГХФУ-22, полученные от региональных органов Росстата. В этом случае оценка выбросов может быть выполнена только по методике уровня 1.

3.10.1.3 Оценка неопределённостей

Метод уровня 1

В отличие от других уровней, когда неопределённости основаны на измерениях и статистике, неопределённости метода уровня 1 оценивают, полагаясь на мнение экспертов; для метода уровня 1 неопределенность использования коэффициентов по умолчанию составляет около 50%. Это значение значительно больше неопределённости данных о деятельности.

Метод уровня 2

Неопределённость результатов оценки выбросов ГФУ-23 по методике уровня 2 будет менее 20% при условии, что значения выходов основного продукта по фтору и углероду измерены с точностью 1%.

3.10.2 Выбросы от производства других фторсодержащих соединений

3.10.2.1 Введение

Большое число фторсодержащих парниковых газов может образоваться и улететь в атмосферу в виде побочных продуктов производства фторированных соединений. Например, в одном из последних национальных кадастров было показано, что заводом по производству фторированных соединений было выброшено в атмосферу значительное количество побочных продуктов: SF_6, CF_4, C_2F_6, C_3F_8, C_4F_{10}, C_5F_{12} и C_6F_{14} (Межправительственная, 2006). Другой пример – выбросы побочного продукта CF_4 от производства ХФУ-11 и 12 или выбросы SF_6 от производства гексафторида урана в ядерном топливном цикле. Выбросы химических веществ в атмосферу происходят в процессе их производства и разрушения, или в виде побочных продуктов при производстве родственных химических соединений (выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 отдельно рассмотрены в разделе 3.10.1 выше). Улетать в атмосферу может также целевой продукт производства – вместе с так называемыми летучими (фугитив-

ными) выбросами. Выбросы побочных продукции и летучие выбросы рассчитывают одним и тем же способом. Фторсодержащие соединения могут выделяться из очень многих химических процессов, например:

- процесс теломеризации, используемый для производства фторсодержащих жидкостей и полимеров;
- фотоокисление тетрафторэтилена с образованием жидких фторсодержащих веществ;
- прямое фторирование, которое часто используют для производства SF_6;
- процесс обмена галогеном с целью получения низкокипящих ПФУ, таких как C_2F_6 и CF_4, ГФУ-134а и ГФУ-245fa;
- производство NF_3 методом прямого фторирования;
- производство гексафторида урана;
- производство фторсодержащих мономеров, например, тетрафторэтилена или гексафторпропилена;
- производство фторсодержащих агрохимикатов;
- производство фторсодержащих анестетиков.

Процесс обмена галогеном широко применяется для производства ГФУ, в то время как для производства большинства ПФУ и SF_6 требуется элементарный фтор, получаемый электрохимическим способом. Каждый процесс порождает свой собственный спектр выбросов как по химической природе, так и по количеству, и поэтому не имеет смысла определять общий для всех процессов коэффициент выбросов по умолчанию.

Исследования (Межправительственная, 2006) показывают, что компоненты, которые были потеряны при производстве конкретного фторсодержащего соединения, имеют такие же свойства радиационного форсинга, что и целевые фторсодержащие соединения. Следовательно, для источников, которые не являются ключевыми категориями, летучие выбросы и выбросы побочных продуктов одинаковы и могут быть определены с использованием методики уровня 1.

В период 1990-2012 гг. на предприятиях России производились следующие фторсодержащие соединения, выбросы, от производства которых, должны учитываться при составлении кадастра выбросов парниковых газов:

ГФУ:

1. трифторметан (ГФУ-23)
2. пентафторэтан (ГФУ-125)
3. дифторэтан (ГФУ-152а)
4. гептафторпропан (ГФУ-227еа)

ПФУ:

1. тетрафторметан (CF_4)
2. октафторпропан (C_3F_8)
3. октафторциклобутан (с-C_4F_8)

На двух химических комбинатах (ОАО «Галополимер Пермь» и ООО «Галополимер Кирово-Чепецк») производился гексафторид серы (SF_6).

3.10.2.2 Вопросы методологии

Выбор метода

Метод уровня 1

В методе уровня 1 коэффициент выбросов по умолчанию или коэффициент выбросов, выведенный для конкретного завода или региона, можно использовать для расчёта выбросов от производства отдельных фторированных парниковых газов – ГФУ, ПФУ, SF_6 и других.

Уравнение 3.20

Расчёт выбросов, связанных с производством – уровень 1

$$E_k = EF_{\text{по умолчанию},k} \bullet P_k$$

где:

E_k = выбросы парникового газа k, рассчитанные на основании объёмов производства, кг;

$EF_{\text{по умолчанию},k}$ = коэффициент выбросов по умолчанию, кг/кг;

P_k = суммарное производство фторированного соединения k, кг.

Методы уровня 2 и 3

Методика уровня 2 и 3 изложена в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Выбор коэффициентов выбросов

Летучие (фугитивные) выбросы и выбросы побочных продуктов для источников, которые не являются значительными подкатегориями ключевой категории, могут быть рассчитаны по методу уровня 1 с использованием единого коэффициента выбросов по умолчанию – 0,5%.

Что касается SF_6, то на основании опыта Германии рекомендуется использовать коэффициент выбросов по умолчанию 0,2% от общего количества произведённого SF_6 для тех предприятий, которые производят SF_6 не требующий высокой очистки (например, для использования в электрооборудовании и теплоизоляционных окнах). На основании опыта Японии, в странах, где производится в основном высокоочищенный SF_6 (например, для полупроводниковой промышленности), значение по умолчанию должно быть 8% из-за потерь в процессе удаления остаточного газа в отходы (Межправительственная, 2006).

Коэффициенты выбросов по умолчанию не учитывают применение технологий очистки выбросов.

В России на заводах-производителях коэффициент утечек гексафторида серы в процессе производства значительно изменяется от года к году, в настоящее время (последние 10 лет) оставаясь в пределах от 1 до 10% объема производства гексафторида серы. В соответствии с эффективной практикой рекомендуется использовать коэффициент выбросов SF_6, полученный от предприятия. При этом следует убедиться, что

полученный коэффициент выбросов учитывает улавливание SF_6, если оно практикуется на предприятии.

Выбор данных о деятельности

Для уровня 1 данные о деятельности – это масса целевого фторсодержащего соединения, выпущенного за год. Эти данные могут быть получены в промышленных компаниях и на предприятиях. Производство гексафторида серы и других фторсодержащих соединений, которые должны быть учтены в кадастре, за исключением ГХФУ-22, российская статистика не учитывает.

Оценка неопределённостей

Обычно на хорошо управляемых предприятиях неопределённость по умолчанию для данных о деятельности должна составлять около 1%. Фактический коэффициент выбросов может меняться от значительного превышения коэффициента по умолчанию до нуля. Таким образом, неопределённость по умолчанию для коэффициентов выбросов по умолчанию была установлена на уровне 100%, например, 0,5±0,5 (%).

ГЛАВА 4 ВЫБРОСЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

4.1 ВВЕДЕНИЕ

В следующих разделах с 4.2 по 4.7 представлено руководство по оценке выбросов парниковых газов характерных для металлургической промышленности.

Раздел 4.2 посвящён выбросам от производства чугуна, стали и доменного кокса;

Раздел 4.3 посвящён выбросам от производства ферросплавов;

Раздел 4.4 посвящён выбросам от производства алюминия;

Раздел 4.5 посвящён выбросам от производства магния;

Раздел 4.6 посвящён выбросам от производства свинца;

Раздел 4.7 посвящён выбросам от производства цинка;

Следует быть особенно внимательным, чтобы не допустить двойного учета выбросов диоксида углерода (CO_2) одновременно в этой главе и в разделе «Энергетика», равно как не упустить выбросы CO_2, поскольку выбросы CO_2, связанные с углеродом в качестве восстановителя и с углеродом в качестве источника энергии, могут быть тесно связаны между собой в металлургическом процессе.

Если на металлургическом предприятии установлена и используется технология улавливания CO_2, то количество уловленного CO_2 следует вычитать при расчётах выбросов высокого уровня. Любая методика, которая учитывает улавливание CO_2, должна отражать тот факт, что выбросы CO_2 улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с технологическим процессом. Если требуются данные отдельно о выбросах от промышленных процессов и от сжигания (например, для производства чугуна и стали), то составители кадастра должны гарантировать, что одни и те же количества CO_2 не были учтены дважды. В таких случаях общее количество улавливаемого CO_2 лучше указывать в соответствующих категориях сжигания топлива и категориях ППИП пропорционально количествам CO_2, произведённым в этих категориях источников. По умолчанию считается, что CO_2 не улавливается и не размещается на хранение. Дополнительная информация об улавливании и хранении CO_2 включена в том 2.

4.2 ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА, СТАЛИ И ДОМЕННОГО КОКСА

При производстве чугуна и стали могут выделяться диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4) и оксид диазота (N_2O). В этой главе приводится руководство по оценке выбросов CO_2 и CH_4.

Черная металлургия в основном включает:

- интегрированные предприятия по производству чугуна и стали;
- вторичные предприятия по производству стали;
- предприятия по производству железа прямого восстановления, в некоторых случаях интегрированные с предприятиями по производству стали;
- предприятия по производству доменного кокса вне завода по производству чугуна и стали.

На рисунке 4.1 представлены основные процессы производства чугуна и стали: производство доменного кокса, агломерата, окатышей, переработка железной руды, выплавка чугуна, стали, литьё стали и, очень часто, сжигание доменного газа и газа из камерных печей для поддержания этих и других процессов. Основные процессы могут протекать в условиях так называемых «интегрированных» предприятий, которые обычно включают доменные печи и кислородные конвертеры или, в отдельных случаях, открытые подовые печи (мартеновские печи). Часто часть производства размещается на стороне, на предприятии другого оператора, например, кокс может производиться вне металлургического завода.

Иногда коксовые предприятия не являются интегрированной частью производства чугуна и стали (т.е. не входят в металлургическое предприятие). В этой главе приводится руководство по оценке выбросов CO_2 и CH_4 от всех видов производства кокса для того, чтобы обеспечить согласованность и полноту учёта. При использовании методов высокого уровня следует оценивать выбросы от производства кокса на металлургическом предприятии и вне его по отдельности, поскольку побочные продукты производства «на месте» (например, газ из камерных печей, коксовая пыль и т.д.) часто используются в производстве чугуна и стали.

Первичное и вторичное производство стали

Производство стали можно осуществлять на интегрированных предприятиях из железной руды или на вторичных предприятиях, где сталь производится в основном из вторичного стального скрапа. Интегрированные предприятия включают производство кокса, доменные печи и кислородные конвертеры или, в некоторых случаях, мартеновские печи (ОПП). Нерафинированную сталь производят в кислородных конвертерах из доменного чугуна, выплавляемого в доменной печи, и затем перерабатывают в конечную продукцию. Доменный чугун можно также перерабатывать непосредственно в чугунные изделия. Для вторичного производства стали чаще всего используются электродуговые печи (ЭДП). В 2003 году продукция кислородных конвертеров составляла примерно 63% от мирового производства стали, продукция ЭДП – около 33% и продукция ОПП – остальные 4% (но их доля сегодня снижается). В Российской Федерации в 2012 г. продукция кислородных конвертеров составляла около 66%, продукция ЭДП – около 29%, продукция мартеновских печей – около 5%.

Производство чугуна и железа прямого восстановления

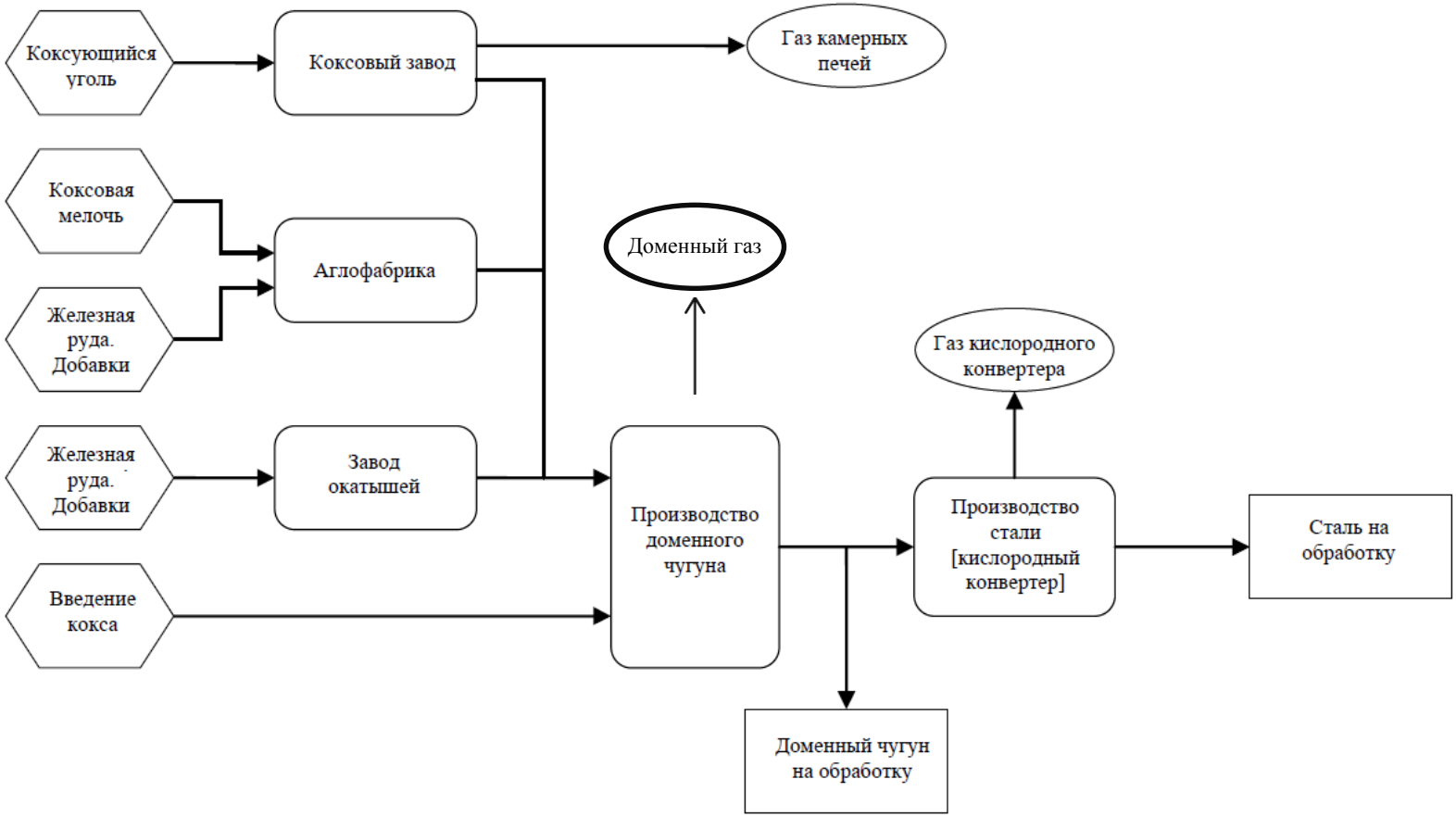
Чугун может производиться на интегрированном сталеплавильном предприятии или на отдельном заводе, включающем доменные печи и кислородные конвертеры. Помимо чугуна для производства стали используется железо прямого восстановления (ЖПВ). Прямое восстановление заключается в восстановлении железной руды при температуре ниже 1 000°C до металлического железа в твёрдом состоянии.

Производство доменного кокса

Считается, что при производстве доменного кокса используется энергия ископаемого топлива, поэтому выбросы следует относить к категории 1A сектора «Энергети-

ка». Несмотря на это, методики рассматриваются в разделе ППИП, поскольку данные о деятельности, которые используются для оценки выбросов от энергетического и неэнергетического использования топлива при производстве чугуна и стали, в значительной степени перекрываются. Всё топливо, потреблённое в этой категории источников, которое не учтено как сырьё для фабрик агломерата, заводов окатышей и доменных печей, следует рассматривать как сжигание топлива, что относится к сектору «Энергетика».

Рисунок 4.1 Основные процессы интегрированного производства чугуна и стали*



4.2.1 Введение

Производство доменного кокса

Доменный кокс в основном используется для производства передельного чугуна в доменной печи. Кокс также применяется в других металлургических процессах, таких как производство литейного чугуна, ферросплавов, свинца и цинка, а также в обжиговых печах для производства извести и магния. Доменный кокс – это твёрдый продукт, получаемый карбонизацией угля (преимущественно коксующегося угля) при высокой температуре. Для него характерно низкое содержание влаги и летучих веществ. Коксующийся уголь – это битуминозный уголь с такими характеристиками, которые позволяют получать кокс пригодный для использования в качестве сырья для доменной печи. Его высшая теплотворная способность составляет более 23 865 кДж/кг (5 700 ккал/кг) в пересчете на беззольное, но влажное вещество. Газ из камерных печей – это побочный продукт производства доменного кокса, предназначенного для выплавки чугуна и стали. На рисунке 4.2 показана технологическая схема производства кокса и связанных с ним выбросов CH_4 и CO_2.

Обратите внимание, что газ из камерных печей можно сжигать с целью нагрева коксовых печей или транспортировать на интегрированный завод по производству чугуна и стали, а также использовать при производстве агломерата или чугуна. Газ из камерных печей можно также транспортировать за пределы предприятия (например, в систему распределения природного газа) и использовать в качестве энергетического источника. Сжигание кокса в доменных печах при производстве чугуна и стали сопровождается образованием доменного газа, который затем можно извлечь и транспортировать со сталелитейного завода на местный коксовый завод, чтобы сжечь в коксовых печах или использовать при производстве агломерата. Сжигание доменного газа и коксового газа – это основной источник выбросов CO_2 и CH_4 при производстве кокса.

Производство агломерата

Железную руду и другие железосодержащие материалы можно спекать на аглофабриках в рамках интегрированных металлургических предприятий перед загрузкой в доменную печь. Исходное сырье для аглофабрик может включать порошкообразные железные руды, добавки (например, известь, оливин) и железосодержащие материалы от последующих процессов производства чугуна и стали (например, пыль от процесса очистки доменного газа). Коксовая мелочь (мелкий кокс с размером частиц <5 мм) – наиболее распространённый материал на аглофабриках. Коксовую мелочь можно получать на местных коксовых печах в составе интегрированного металлургического завода или покупать у стороннего производителя кокса. Доменный газ или газ из камерных печей, производимый на месте, в рамках интегрированного производства чугуна и стали, можно использовать на аглофабриках. Выбросы диоксида углерода на аглофабриках образуются в результате окисления коксовой мелочи и другого сырья. Отходящий газ от производства агломерата также содержит метан и другие углеводороды. На рисунке 4.3 показана технологическая схема производства агломерата.

Производство окатышей

Окатыши получают переработкой железосодержащего сырья (пылевидной руды и добавок) при очень высокой температуре. Они представляют собой шарики размером 9-16 мм. Процесс включает: размол, сушку, окатывание и термическую обработку сырья. Фабрики окатышей специально строят вблизи железных рудников или в грузовых портах, но также они могут располагаться внутри интегрированного металлургического комплекса. В качестве топлива на фабриках окатышей может использоваться природный газ или уголь; а на фабриках окатышей в рамках интегрированного металлургического комплекса может использоваться газ из камерных печей. Потребление энергии для процесса и связанные с этим выбросы CO_2 зависят частично от качества железной руды и другого сырья, используемого в процессе. Выбросы CO_2 также зависят от содержания углерода и теплотворной способности топлива, используемого в процессе.

Производство чугуна и роль кокса

Самые большие выбросы CO_2 в металлургической промышленности даёт производство чугуна, а точнее – использование угля для превращения железной руды в железо. На рисунке 4.4 показана технологическая схема производства чугуна и связанных с ним выбросов. Углерод подаётся в доменную печь в основном в виде кокса, полученного из коксующегося металлургического угля (но также это может быть древесный уголь или другие формы углерода). Углерод имеет две функции в металлургическом процессе – в первую очередь это восстановитель в реакции восстановления оксидов железа до железа; он также является источником энергии, поскольку реакция углерода и кислорода сопровождается выделением тепла. Доменный газ образуется при сжигании кокса в доменных печах.

Обычно его извлекают и используют как топливо частично на самом заводе и частично в других металлургических процессах, либо на электростанциях, оборудованных для его сжигания. Доменный газ также можно извлекать и транспортировать с металлургического предприятия на местный коксовый завод и сжигать в коксовых печах с целью получения энергии. Доменный газ можно также транспортировать за пределы предприятия или использовать как источник энергии для печей и для нагрева воздуха дутья. Газ кислородных конвертеров получают в качестве побочного продукта при производстве стали в кислородных конвертерах и извлекают после выхода газа из конвертера. Выбросы от использования углерода в доменных печах следует рассматривать как выбросы сектора ППИП.

Кроме того, железо можно получать в процессе прямого восстановления. Прямое восстановление заключается в восстановлении железной руды при температуре ниже 1 000°С до металлического железа в твёрдом состоянии. В процессе прямого восстановления образуется твёрдый продукт, который называется железом прямого восстановления (ЖПВ). В российской статистике до 2009г. это – металлизированные окатыши и горячебрикетированное железо, после 2010г. – окатыши и брикеты металлизированные. ЖПВ содержит менее 2% углерода. ЖПВ обычно используется вместо металлолома для получения стали в электродуговых печах. ЖПВ можно также переплавлять в брикеты

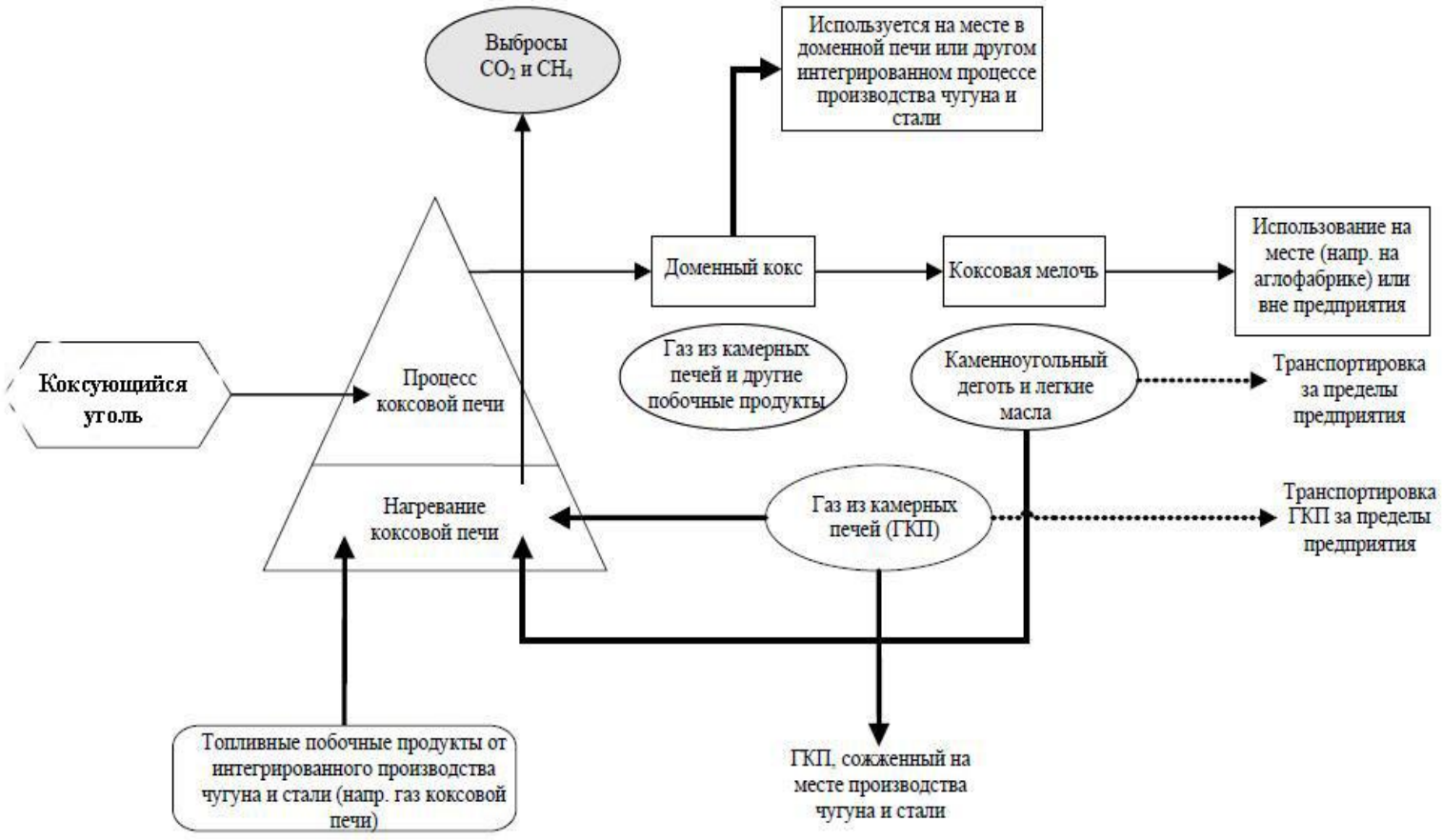
(железо горячего брикетирования (ЖГБ)), если продукт приходится хранить или перевозить. Выбросы CO_2 от этих процессов можно оценивать исходя из потребления энергии и углеродного содержания топлива (природного газа, угля и т.д.).

Производство стали

Производство стали в кислородном конвертере начинается с загрузки расплава чугуна (70-90%) и стального скрапа (10-30%). Высокочистый кислород затем реагирует с углеродом чугуна с выделением тепла, которое расплавляет шихту, одновременно снижая содержание углерода. Чугун из доменных печей обычно содержит 3-4% углерода, которое должно снизиться до значений менее 1%; при этом железо очищается и сплавляется с добавками с образованием желаемой марки стали.

Производство стали в ЭДП обычно включает 100% загрузку вторичного стального скрапа и, на некоторых предприятиях, железа прямого восстановления, которая плавится с потреблением электроэнергии, прилагаемой к шихте через углеродные электроды; затем расплав очищается и сплавляется с добавками для получения стали желаемой марки. Хотя ЭДП могут входить в состав интегрированного предприятия, обычно они располагаются отдельно, поскольку в основном в качестве сырья используют скрап (стальной лом), а не чугун. Поскольку процесс ЭДП в основном один – плавка скрапа, без восстановления оксидов, то углерод не играет такой большой роли, как в доменном/конвертерном процессе. На большинстве ЭДП, работающих на скрапе, выбросы CO_2 связаны в основном с расходованием углеродных электродов. Все выбросы CO_2 от углерода, используемого в ЭДП и других сталеплавильных процессах, следует рассматривать как выбросы от ППИП. На рисунке 4.5 показана технологическая схема производства стали и связанных с ним выбросов.

Рисунок 4.2 Технологическая схема производства кокса (выбросы учитывают в категории 1А сектора «Энергетика»)



Примечание:
Жирные линии относятся к производству кокса на месте, на интегрированном предприятии по выплавке чугуна и стали. Пунктирные линии относятся к транспортировке на сторонние предприятия. Сторонние предприятия не включают интегрированные процессы производства чугуна и стали, которые считаются производством «на месте».

Рисунок 4.3 Технологическая схема производства агломерата

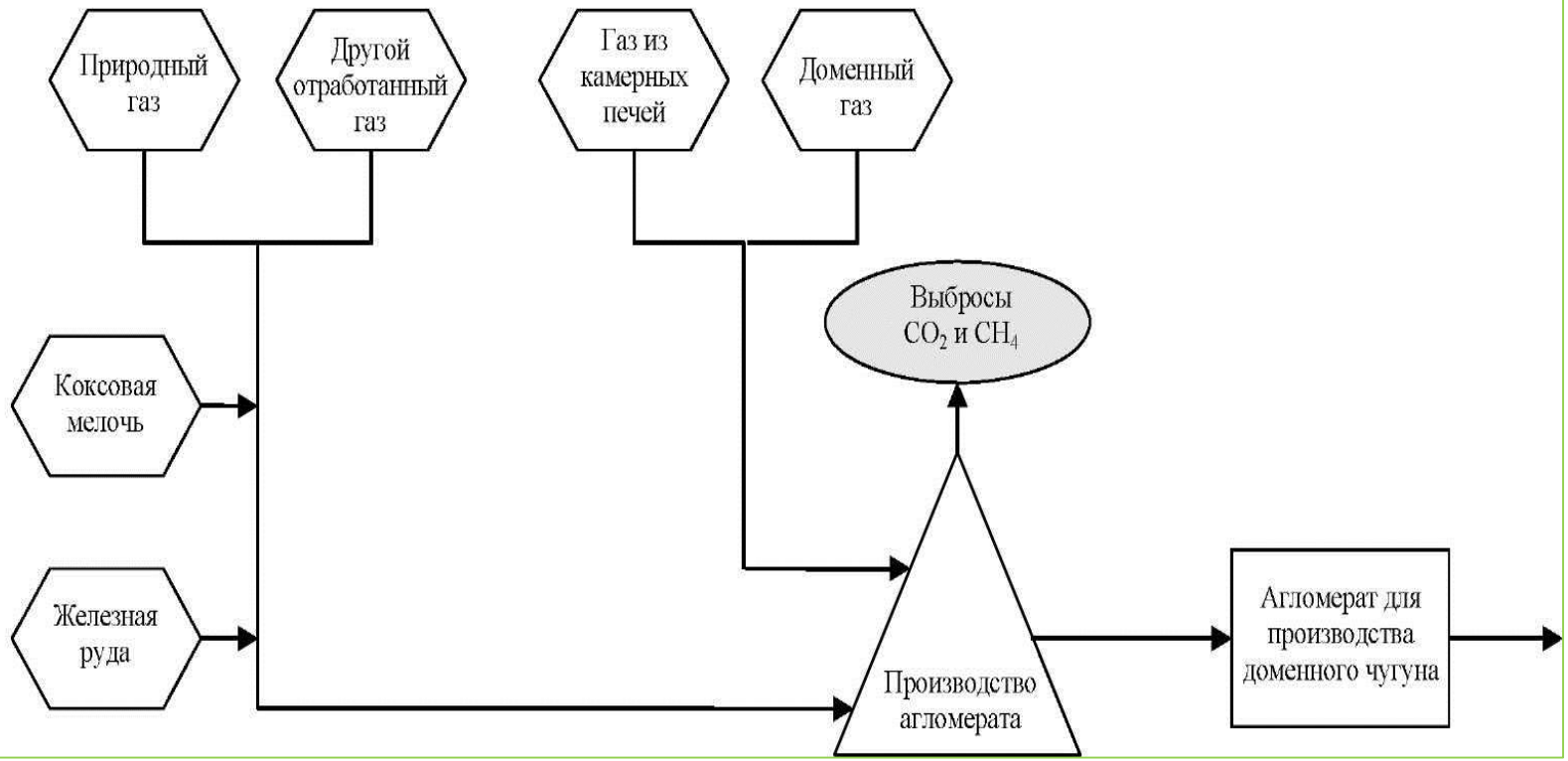


Рисунок 4.4 Технологическая схема производства доменного чугуна

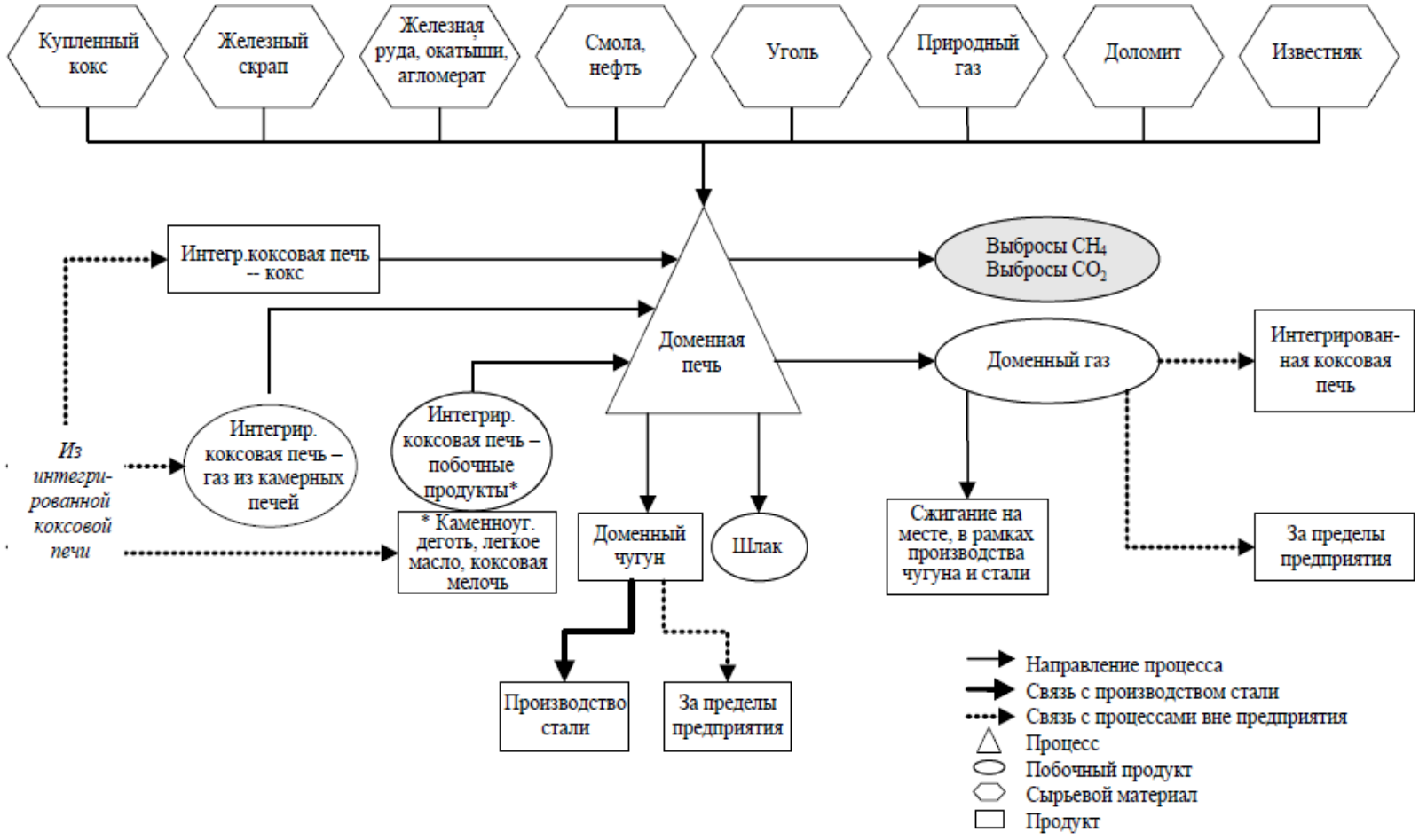
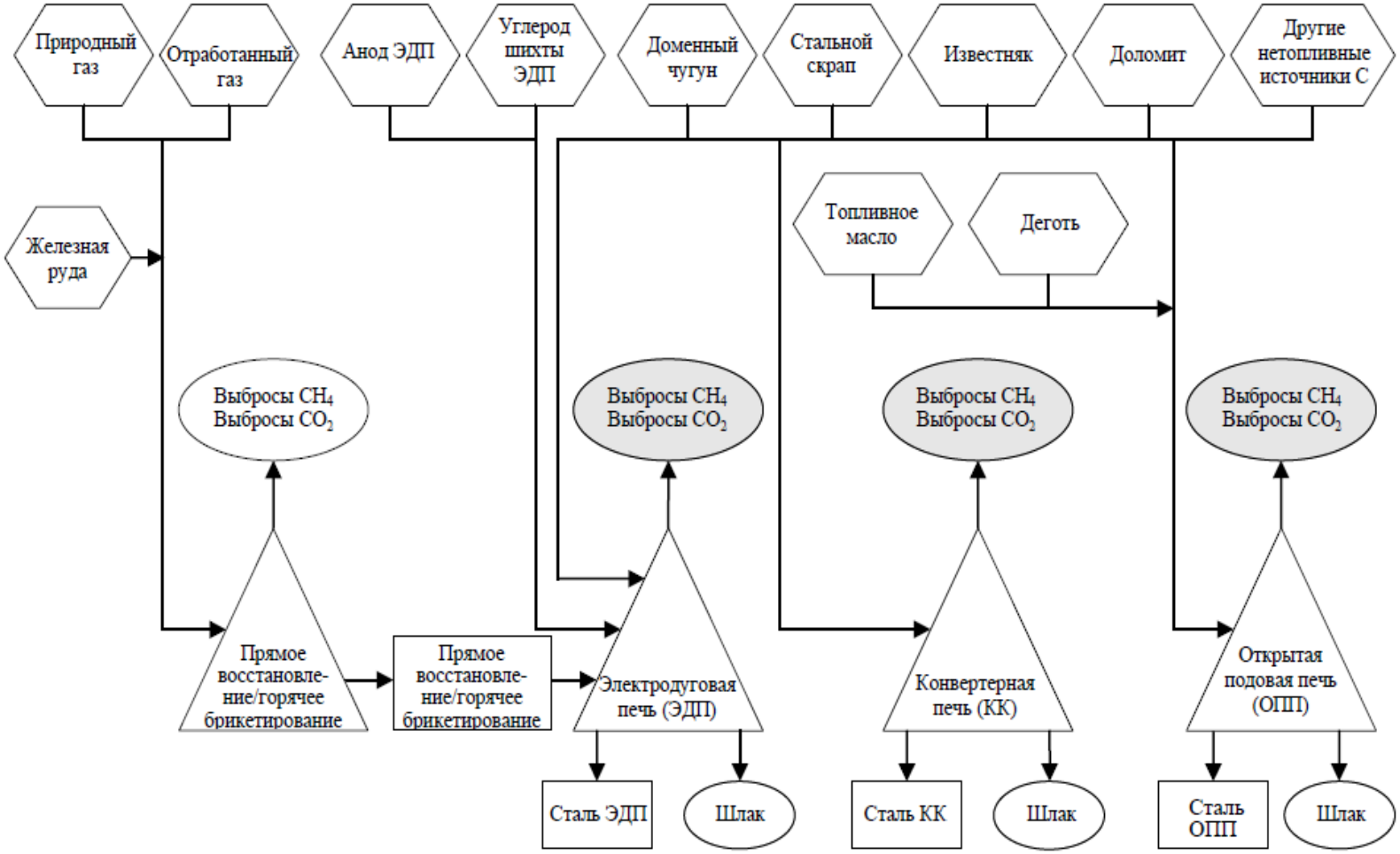


Рисунок 4.5 Технологическая схема производства стали



4.2.2 Вопросы методологии

4.2.2.1 Выбор метода: производство доменного кокса

В Методических рекомендациях представлены два уровня расчёта выбросов CO_2 и один уровень расчета выбросов CH_4 от производства кокса. Выбор метода оценки в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий.

Доменный кокс производят либо на металлургическом предприятии (на месте), либо на отдельном предприятии (вне металлургического предприятия). В расчетах по методу уровня 1, которые учитывают выбросы от любого производства кокса, коэффициенты выбросов по умолчанию умножают на производство кокса.

В методе уровня 2 для оценки выбросов CO_2 производство кокса внутри и вне предприятия учитывают отдельно. В нём используются региональные данные о потреблении и производстве технологических материалов (например, потребление коксующегося угля, производство кокса и побочных продуктов производства кокса). Как отмечалось выше, для оценки выбросов CH_4 не применяется метод уровня 2.

Для метода уровня 3 необходимы заводские данные о выбросах CO_2 и заводские данные о выбросах CH_4, либо данные о деятельности конкретных заводов. Метод уровня 3 описан в (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 1

Уравнение 4.1 предназначено для расчета выбросов от суммарного производства кокса. В методе уровня 1 принимается допущение о том, что весь кокс, изготовленный на металлургическом предприятии, используется на месте. В методе уровня 1 коэффициенты выбросов по умолчанию умножают на тонны продукции кокса. Выбросы следует учитывать в секторе «Энергетика».

Уравнение 4.1.

Выбросы от производства кокса – уровень 1

$$E_{CO_2} = \text{Кокс} \cdot EF_{CO_2} \text{ и } E_{CH_4} = \text{Кокс} \cdot EF_{CH_4}$$

(выбросы следует учитывать в секторе «Энергетика»)

где:

E_{CO2} или E_{CH4} = выбросы CO_2 или CH_4 от производства кокса, тонны CO_2 или кг CH_4;

Кокс = количество кокса, выпущенного в регионе, тонны;

EF = коэффициент выбросов, тонны CO_2/тонну продукции кокса или кг CH_4/тонну продукции кокса.

<u>Примечание:</u> в методе уровня 1 делается допущение о том, что все побочные продукты коксовой печи транспортируются с места производства и весь газ из камерных печей сжигается на месте с целью получения энергии.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 применяется в том случае, если известна региональная статистика о потреблении сырья и выпуске продукции на интегрированных и неинтегрированных коксовых производствах. Метод уровня 2 даёт более точную оценку, чем метод уровня 1, поскольку основан на фактическом количестве израсходованного сырья и выпущенной продукции, а не на допущениях.

Как видно из уравнений 4.2 и 4.3, в методе уровня 2 выбросы CO_2 от производства кокса на месте и на стороннем заводе рассчитывают отдельно. Такое разделение делается потому, что данные для оценки выбросов от производства кокса на месте и выбросов от производства чугуна и стали перекрываются.

Уравнение 4.2.

Выбросы CO_2 от производства кокса на месте – уровень 2

$$E_{CO_{2,энерг.}} = [CC \cdot C_{CC} + \sum_a (PM_a \cdot C_a) + BG \cdot C_{BG} - CO \cdot C_{CO} - COG \cdot C_{COG} - \sum_b (COB_b \cdot C_b)] \cdot \frac{44}{12}$$

где:

$E_{CO_{2,энерг.}}$ = выбросы CO_2 от производства кокса на месте, которые должны учитываться в секторе «Энергетика», тонны;

CC = количество коксующегося угля, потребляемого при производстве кокса на месте, в рамках интегрированных металлургических предприятий, тонны;

PM_a = количество другого технологического материала a, отличного от материалов, учтенных отдельно в специальных членах, например природного газа и топливного масла, потребленного для производства кокса и агломерата на месте производства кокса, чугуна и стали, тонны;

BG = количество доменного газа, израсходованного для производства кокса, $м^3$ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе «Энергетика;

CO = количество кокса, произведенного на месте производства чугуна и стали, тонны;

COG = количество газа из камерных печей, транспортированного с места производства, $м^3$ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе «Энергетика»;

COB_b = количество побочного продукта b коксовой печи, перемещённого с места производства на другое предприятие, тонны;

C_x = углеродное содержание материала загрузки или продукта x, тонны C/(единица для материала x) [например, тонны C/тонну].

Для расчёта выбросов от производства кокса на неинтегрированном предприятии следует использовать уравнение 4.3. Общие выбросы равны сумме выбросов всех заводов, рассчитанных по уравнениям 4.2 и 4.3.

Уравнение 4.3.

Выбросы CO_2 от производства кокса на неинтегрированном предприятии – уровень 2

$$E_{CO_{2,энерг.}} = [CC \cdot C_{CC} + \sum_a (PM_a \cdot C_a) - NIC \cdot C_{NIC} - COG \cdot C_{COG} - \sum_b (COB_b \cdot C_b)] \cdot \frac{44}{12}$$

где:

$E_{CO_{2,энерг.}}$ = выбросы CO_2 от производства кокса на неинтегрированном предприятии, которые должны учитываться в секторе «Энергетика», тонны;

CC = количество коксующегося угля, израсходованного на неинтегрированном предприятии по производству кокса, тонны;

PM_a = количество другого технологического материала a, отличного от коксующегося угля, например природного газа или топливного масла, израсходованного на неинтегрированное производство кокса, тонны;

NIC = количество кокса, выпущенного на неинтегрированных предприятиях по производству кокса, в регионе, тонны;

COG = количество газа из камерных печей, произведённого на неинтегрированных предприятиях региона и транспортированного на другие предприятия, $м^3$ (или другие единицы, например, тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе «Энергетика»;

COB_b = количество побочного продукта b коксовой печи, произведённого на сторонних неинтегрированных предприятиях и перемещённого с места производства на другие предприятия, тонны;

Cx = углеродное содержание материала загрузки Место для уравнения. или продукта x, тонны C/(единица для материала x) [например, тонны C/тонну].

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

4.2.2.2 Выбор метода: производство чугуна и стали

Руководящие принципы МГЭИК (Межправительственная, 2006) представляют три уровня расчёта выбросов CO_2 и два уровня расчёта выбросов CH_4 от производства чугуна и стали. Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий. В методе уровня 1 используются региональные данные о производстве и коэффициенты выбросов по умолчанию. Это может давать ошибки из-за использования допущений, а не фактических данных о количестве израсходованного сырья в секторах производства агломерата, чугуна и стали, которые дают выбросы CO_2. Следовательно, уровень 1 можно применять только в том случае, если производство чугуна и стали не относится к ключевой категории.

Руководящие принципы МГЭИК (Межправительственная, 2006) предлагают коэффициенты выбросов по умолчанию для производства агломерата, доменного чугуна, железа прямого восстановления, окатышей, а также для каждого способа выплавки стали. Коэффициенты выбросов CO_2 от производства стали в кислородных конвертерах и в мартеновских печах (ООП) включают выбросы от производства чугуна, который в дальнейшем используется для производства стали. Выбросы от производства литейного чугуна и чугуна, который был продан и вывезен за пределы региона, должны учитываться отдельно. Этот метод удобен для тех стран, где статистика учитывает только производство товарного чугуна. Российская статистика учитывает полное производство чугуна и стали (в том числе с использованием разных технологий производства). В то же время получение данных о межрегиональной торговле чугуном от органов Росстата для метода уровня 1 может быть затруднительным. Поэтому в Методических рекомендациях предлагается метод уровня 1 с раздельной оценкой выбросов от производства чугуна и стали и использованием национальных коэффициентов выбросов CO_2. Если составители регионального кадастра выбросов парниковых газов предпочитают использовать методику, описанную в Руководящих принципах МГЭИК, им следует обратиться к главе 4 тома 3 руководства МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

Метод уровня 2, предназначенный для расчёта выбросов CO_2 от производства чугуна и стали, основан на данных о потреблении сырьевых материалов, включая восстановители, на уровне отрасли в регионе. В этом методе используется массово-балансовый подход и значение углеродного содержания для отдельных материалов. Для оценки выбросов CH_4 не применяется уровень 2. Для метода уровня 3 необходимы заводские данные о выбросах или о деятельности, которые затем суммируют до регионального уровня для расчёта выбросов CO_2 и CH_4.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CO_2

Метод уровня 1 – коэффициенты выбросов, основанные на количестве продукции

Выбросы от производства чугуна и стали по методу уровня 1 определяют путём умножения коэффициентов выбросов по умолчанию на региональные данные о производстве (уравнения 4.4 – 4.5). Поскольку выбросы на единицу продукции стали могут меняться в широких пределах в зависимости от способа производства стали, то в эффективной практике определяют долю производства стали по различным способам, рассчитывают выбросы для каждого способа производства и затем суммируют их. Уравнение 4.4 учитывает производства стали в кислородных конвертерах и открытых подовых (мартеновских) печах (ОПП), и отдельно – производство стали в электродуговых печах (ЭДП). В Российской Федерации в 2012г. продукция кислородных конвертеров составляла около 66%, продукция ЭДП – около 29%, продукция мартеновских печей – около 5%.

Уравнение 4.6 предназначено для расчёта выбросов CO_2 от производства железа прямого восстановления (ЖПВ) по методу уровня 1 с использованием коэффициента выбросов CO_2.

По правилам эффективной практики принято рассчитывать региональные выбросы от производства агломерата и от производства окатышей по отдельности (уравнения 4.7 и 4.8). Уравнения 4.7 и 4.8 следует применять в том случае, если составитель кадастра не располагает детальной информацией о материалах, используемых в процессе. Если используемые в процессе материалы известны, то выбросы рассчитывают по методу уровня 2.

Общие выбросы в этой категории источников равны сумме выбросов, рассчитанных с использованием уравнений 4.4 – 4.8.

Уравнение 4.4

Выбросы от производства чугуна – уровень 1. Производство чугуна:

$$E_{CO_2,\text{энергетич.}} = \text{ДЧ} \bullet EF_{\text{ДЧ}}$$

Уравнение 4.5

Выбросы от производства стали – уровень 1. Производство стали:

$$E_{CO_2,\text{энергетич.}} = (\text{КК} + \text{ОПП}) \bullet EF_{\text{КК+Опп}} + \text{ЭДП} \bullet EF_{\text{ЭДП}}$$

Уравнение 4.6

Выбросы от производства железа прямого восстановления – уровень 1.

Производство железа прямого восстановления:

$$E_{CO_2,\text{энергетич.}} = \textit{ЖПВ} \bullet EF_{\textit{жпв}}$$

Уравнение 4.7

Выбросы от производства агломерата – уровень 1. Производство агломерата:

$$E_{CO_2,\text{энергетич.}} = \text{АГЛ} \bullet EF_{\text{АГЛ}}$$

Уравнение 4.8

Выбросы от производства окатышей – уровень 1. Производство окатышей:

$$E_{CO_2,\text{энергетич.}} = \text{ОКАТ} \bullet EF_{\text{ОКАТ}}$$

где:

$E_{CO_2,\text{энергетич.}}$ = выбросы CO_2, которые должны учитываться в секторе ППИП, тонны;

КК = количество нерафинированной стали, выплавленной в кислородных конвертерах, тонны;

ЭДП = количество нерафинированной стали, выплавленной в ЭДП, тонны;

ОПП = количество нерафинированной стали, выплавленной в ОПП (мартеновских печах), тонны;

ДЧ = производство доменного чугуна, тонны;

ЖПВ = количество железа прямого восстановления, выпущенного в регионе, тонны;
АГЛ = количество агломерата, выпущенного в регионе, тонны;
ОКАТ = количество окатышей, выпущенных в регионе, тонны;
EF_x= коэффициент выброса, тонны CO_2/тонну продукции x.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 применяют в том случае, если составителям кадастра известны региональные данные об использовании материалов в процессе производства чугуна и стали, агломерата, окатышей и ЖПВ. Эти данные могут быть получены от органов Росстата, ответственных за производственную или энергетическую статистику, от торгово-промышленных организаций или от компаний по производству чугуна и стали. Метод уровня 2 даёт более точную оценку, чем метод уровня 1, потому что основан на фактическом количестве материалов, дающих выбросы CO_2.

При расчёте выбросов от производства окатышей можно, также как в других методиках, использовать данные о потреблении энергии, теплотворной способности и углеродном содержании топлива.

Уравнение 4.9

Выбросы CO_2 от производства чугуна и стали – уровень 2

$$E_{CO_{2,энерг.}} = [PC \cdot C_{PC} + \sum_a (COB_a \cdot C_a) + CI \cdot C_{CI} + L \cdot C_L + D \cdot C_D + CE \cdot C_{CE} + \\ + \sum_b (O_b \cdot C_b) + COG \cdot C_{COG} - S \cdot C_S - IP \cdot C_{IP} - BG \cdot C_{BG}] \cdot \frac{44}{12}$$

где:

для производства чугуна и стали

$E_{CO_{2,энерг.}}$ = выбросы CO_2, которые должны учитываться в секторе ППИП, тонны;

PC = количество кокса, израсходованного для производства чугуна и стали (за исключением производства агломерата), тонны;

COB_a = количество побочного продукта a интегрированной коксовой печи, израсходованного в доменной печи, тонны;

CI = количество угля, введенного прямо в доменную печь, тонны;

L = количество известняка, израсходованного для производства чугуна и стали, тонны;

D = количество доломита, израсходованного для производства чугуна и стали, тонны;

CE = количество углеродных электродов, израсходованных в ЭДП, тонны;

O_b = количество других углеродсодержащих и технологических материалов b, израсходованных для производства чугуна и стали, таких как агломерат, стальной лом, железо прямого восстановления или отходы пластмасс, тонны;

COG = количество газа из камерных печей, израсходованного в доменной печи при производстве чугуна и стали, $м^3$ (или другие единицы, например, тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе «Энергетика»;

S = количество выплавленной стали, тонны;

IP = количество выплавленного чугуна, не предназначенного для переплавки в сталь, тонны;

BG = количество доменного газа, транспортированного с места производства, $м^3$ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе «Энергетика»;

C_x = углеродное содержание материала шихты или продукта x, тонны C/(единица для материала x) [например, тонны C/тонну].

Уравнение 4.10

Выбросы CO_2 от производства агломерата – уровень 2

$$E_{CO_{2,неэнерг.}} = [CBR \bullet C_{CBR} + COG \bullet C_{COG} + BG \bullet C_{BG} + \sum_a (PM_a \bullet C_a) - SOG \bullet C_{SOG}] \bullet \frac{44}{12}$$

где:

для производства агломерата:

$E_{CO_{2,неэнерг.}}$ = выбросы CO_2, которые должны учитываться в секторе ППИП, тонны;

CBR = количество закупленной и/или произведённой на месте коксовой мелочи для производства агломерата, тонны;

COG = количество газа из камерных печей, потреблённого при производстве агломерата, $м^3$ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе «Энергетика»;

BG = количество доменного газа, израсходованного для производства агломерата, $м^3$ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе «Энергетика»;

PM_a = количество другого технологического материала a, отличного от материалов, перечисленных в виде отдельных членов, например известняка, природного газа или топливного масла, израсходованного для производства агломерата на предприятии черной металлургии, тонны;

SOG = количество отходящего газа от производства агломерата, транспортированного на другое предприятие или на завод по производству чугуна и стали, $м^3$ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе «Энергетика»;

C_x = углеродное содержание материала шихты или продукта x, тонны C/(единица для материала x) [например, тонны C/тонну].

Уравнение 4.11 предназначено для расчёта выбросов CO_2 от производства железа прямого восстановления по методу уровня 2, основанному на потреблении топлива и углеродном содержании топлива. Выбросы от производства ЖПВ рассчитывают исходя из количества потребленного топлива, коксовой мелочи, доменного кокса или других углеродсодержащих материалов и относят к сектору ППИП.

Уравнение 4.11

Выбросы CO_2 от производства железа прямого восстановления – уровень 2

$$E_{CO_{2,неэнерг.}} = (ЖПВ_{ПГ} \bullet C_{ПГ} + ЖПВ_{КМ} \bullet C_{КМ} + ЖПВ_{ДК} \bullet C_{ДК} - ЖПВ_{жпв} \bullet C_{жпв}) \bullet \frac{44}{12}$$

где:

$E_{CO_{2,неэнерг.}}$ = выбросы CO_2, которые относятся к сектору ППИП, тонны;

$ЖПВ_{ПГ}$ = количество природного газа, израсходованного для производства железа прямого восстановления, ГДж;

$ЖПВ_{km}$ = количество коксовой мелочи, израсходованной для производства железа прямого восстановления, ГДж;

$ЖПВ_{ДК}$ = количество доменного кокса, израсходованного для производства железа прямого восстановления, ГДж;

$ЖПВ_{ЖПВ}$ = количество произведенного железа прямого восстановления, тонны

$C_{пг}$ = содержание углерода в природном газе, тонны С/ГДж;

C_{km} = содержание углерода в коксовой мелочи, тонны С/ГДж;

$C_{ДК}$ = содержание углерода в доменном коксе, тонны С/ГДж;

$C_{ЖПВ}$ = содержание углерода в железе прямого восстановления, тонны С/тонну.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CH_4

Углеродсодержащие материалы при нагревании в печи при производстве агломерата или железа выделяют летучие вещества, в том числе метан. В открытых или полузакрытых печах большая часть летучих веществ сгорает до CO_2 над шихтой, в вытяжном колпаке и каналах отходящего газа, но остаются также и непрореагировавшие вещества, такие как CH_4 и летучие неметановые органические соединения (ЛНОС). Количество таких веществ зависит от работы печи. Непрерывная загрузка материалов снижает количество CH_4 по сравнению с загрузкой партиями. Повышение температуры в вытяжном колпаке (уменьшение подсоса воздуха через неплотные соединения) ещё более снижает уровень выбросов CH_4.

В этом разделе описан метод уровня 1 по умолчанию для оценки выбросов CH_4 от производства чугуна, агломерата и железа прямого восстановления; метод аналогичен тому, что применяется для оценки выбросов CO_2. Метод уровня 2 отсутствует. CH_4 также может выделяться из процессов производства стали, однако эти выбросы считаются весьма незначительными. Поэтому выбросы CH_4 от производства стали здесь не рассматриваются.

В методе уровня 1 для оценки выбросов CH_4 используются коэффициенты выбросов и региональные промышленные статистические данные.

Уравнение 4.12

Выбросы от производства агломерата – уровень 1

Производство агломерата:

$$E_{CH_4,неэнергетич.} = АГЛ \bullet EF_{АГЛ}$$

Уравнение 4.13

Выбросы от производства чугуна – уровень 1

Производство чугуна:

$$E_{CH_4,неэнергетич.} = ДЧ \bullet EF_{ДЧ}$$

Уравнение 4.14

Выбросы от производства железа прямого восстановления – уровень 1

Производство железа прямого восстановления:

$$E_{CH_4,\text{неэнергетич.}} = \text{ЖПВ} \bullet EF_{\text{ЖПВ}}$$

где:

$E_{CH_4,\text{неэнергетич.}}$ = выбросы CH_4, которые относятся к сектору ППИП, кг;

АГЛ = количество агломерата, выпущенного в регионе, тонны;

ДЧ = количество чугуна, выпущенного в регионе, тонны;

ЖПВ = количество железа прямого восстановления, выпущенного в регионе, тонны;

EF_x = коэффициент выброса, кг CH_4/тонну продукции x.

4.2.2.3 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

Коэффициенты выбросов диоксида углерода

В таблице 4.1 показаны коэффициенты выбросов по умолчанию для производства кокса, агломерата, окатышей, чугуна и стали. Коэффициенты выбросов для трёх способов производства стали основаны на заключении экспертов, которые опирались на типичный опыт, накопленный для различных способов производства стали. Коэффициенты выбросов по умолчанию учитывают весь углерод, потребляемый доменной печью.

Коэффициенты выбросов CO_2 по умолчанию для производства кокса и агломерата были выведены как среднеарифметическое заводских выбросов CO_2 для 11 европейских коксовых заводов и заводов по производству агломерата.

Коэффициент выбросов CO_2 для производства доменного чугуна был выведен на основании данных расчетов выбросов CO_2 по методике уровня 2 в российском национальном кадастре выбросов парниковых газов при допущении о том, что весь доменный газ был сожжён (до CO_2) с целью получения энергии в рамках интегрированного предприятия по производству чугуна и стали и не был перемещен за пределы предприятия.

Коэффициент выбросов для производства окатышей по умолчанию отражает верхнюю границу интервала значений выбросов – 30 кг CO_2 на тонну продукта; он применяется в тех случаях, когда ничего не известно об используемых видах топлива и сырья. Если известны типы расходуемых материалов, то выбросы CO_2 следует рассчитывать по методу уровня 2, с учетом потребления топлива, теплотворной способности и углеродного содержания топлива.

Для расчётов по методу уровня 1 принимается допущение о том, что топливом по умолчанию для производства железа прямого восстановления является природный газ. Подавляющее большинство мощностей по производству железа прямого восстановле-

ния (ЖПВ) по всему миру работает на природном газе, из них 63% мощности приходится на процесс MIDREX (описание технологий см. Воскобойников В.Г. и др., 2005). В настоящее время в Российской Федерации два предприятия производят железо прямого восстановления: Оскольский электрометаллургический комбинат использует технологию MIDREX и Лебедянский ГОК использует технологии MIDREX и HYL. Оба предприятия используют природный газ в качестве восстановителя. Потребление природного газа на тонну продукции ЖПВ в России – 300 – 320 м^3, и углеродное содержание природного газа по данным Газпрома составляет 14,836 кг углерода на ГДж природного газа соответствует коэффициенту выбросов CO_2 0,53 тонн CO_2 на тонну продукции ЖПВ.

Таблица 4.1 – Коэффициенты выбросов CO_2 для производства кокса, агломерата, окатышей, железа прямого восстановления, чугуна и стали – уровень 1

Процесс	Коэффициент выбросов	Источник
Производство агломерата (тонны CO_2 на тонну продукции агломерата)	0,20	Межправительственная, 2006
Коксовая печь (тонны CO_2 на тонну продукции кокса)	0,56	Межправительственная, 2006
Производство чугуна (тонны CO_2 на тонну продукции доменного чугуна)	1,50	Российская, 2006 – …..
Производство железа прямого восстановления (тонны CO_2 на тонну продукции ЖПВ)	0,53	Российская, 2006 – …..
Производство окатышей (тонны CO_2 на тонну продукции окатышей)	0,03	Межправительственная, 2006
Производство стали		
Кислородный конвертер и открытая подовая (мартеновская) печь (ОПП) (тонны CO_2 на тонну продукции стали)	0,13	Российская, 2006 – …..
Электродуговая печь (ЭДП) (тонны CO_2 на тонну продукции стали)	0,05	Российская, 2006 – …..
Мировой средний коэффициент (65% кислородные конвертеры, 30% ЭДП, 5% ОПП)* (тонны CO_2 на тонну продукции стали)	1,06	Межправительственная, 2006

** Коэффициент основан на международных данных 2003 года, согласно которым на кислородные конвертеры приходилось около 63% производства стали, на ЭДП – около 33% и на ОПП – остальные 4%, которые имеют тенденцию к уменьшению. Коэффициент выбросов включает выбросы от производства чугуна.*

Коэффициенты выбросов метана

Коэффициенты выбросов CH_4 по умолчанию представлены в таблице 4.2 далее. Коэффициент выбросов CH_4 уровня 1 для производства кокса был выведен как среднеарифметическое заводских выбросов CH_4 для 11 европейских коксовых заводов, данные о которых имеются в документе IPPC I&S BAT. Коэффициент выбросов CH_4 уровня 1 для производства агломерата был выведен как среднеарифметическое заводских выбросов CH_4 для 11 европейских заводов агломерата, данные о которых пред-

ставлены в EMEP/C0RINAIR Emissions Inventory Guidebook (EEA, 2005) и других отчётах об инвентаризации выбросов.

Таблица 4.2 – Коэффициенты выбросов CH_4 по умолчанию для производства кокса, агломерата, железа прямого восстановления и чугуна – уровень 1

Процесс	Коэффициент выбросов	Источник
Производство кокса	0,0001 кг на тонну продукции кокса	Межправительственная, 2006
Производство агломерата	0,07 кг на тонну продукции агломерата	Межправительственная, 2006
Производство ЖПВ	0,011 кг на тонну продукции ЖПВ	Межправительственная, 2006, Российская, 2006-
Производство чугуна		Надежные коэффициенты выбросов для метода уровня 1 в Руководящих принципах МГЭИК (2006г.) отсутствуют

Метод уровня 2

Показатели углеродного содержания по умолчанию из таблицы 4.3 следует использовать в том случае, если нет информации об условиях работы предприятий по производству чугуна, стали и кокса, но имеются подробные данные о технологических материалах и перемещениях за пределы предприятия. Метод уровня 2 рассматривает крупные материальные потоки в рамках производства чугуна, стали и кокса, которые дают выбросы (см. уравнение 4.2 для интегрированного производства кокса, уравнения 4.9 – 4.11 для производства чугуна и стали и уравнение 4.3 для неинтегрированного производства кокса). Значения углеродного содержания в таблице 4.3 основано на данных таблиц раздела «Энергетика». Использование национальных значений углеродного содержания является предпочтительным при оценке выбросов парниковых газов на региональном уровне.

Таблица 4.3 – Углеродное содержание материалов для производства кокса, чугуна и стали (кг С/кг) – уровень 2

Технологические материалы	Углеродное содержание	
	По данным МГЭИК	По данным Российского кадастра выбросов парниковых газов
Доменный газ	0,17	
Древесный уголь*	0,91	
Уголь[1]	0,67	
Каменноугольный деготь	0,62	
Кокс	0,83	
Газ из камерных печей	0,47	
Коксующийся уголь	0,73	
Железо прямого восстановления (ЖПВ)	0,02	0,017
Доломит	0,13	0,12
Углеродные электроды ЭДП[2]	0,82	
Углерод шихты ЭДП[3]	0,83	
Топливное масло[4]	0,86	

Технологические материалы	**Углеродное содержание**	
	По данным МГЭИК	**По данным Российского кадастра выбросов парниковых газов**
Газовый кокс	0,83	
Железо горячего брикетирования	0,02	0,013
Известняк	0,12	0,115
Природный газ	0,73	14,836 кг С/ГДж
Газ кислородных сталеплавильных печей	0,35	
Нефтяной кокс	0,87	
Доменный чугун	0,04	0,043
Железный лом	0,04	0,0025
Сталь	0,01	0,0025

Источник: значения по умолчанию согласуются со значениями по умолчанию, представленными в разделе «Энергетика»», и были рассчитаны на условиях, перечисленных далее. Полные ссылки на данные об углеродном содержании см. в таблицах 1.2 и 1.3 в главе 1 раздела «Энергетика». Примечания:

[1] Для другого битуминозного угля

[2] При условии, что 80 % составляет нефтяной кокс и 20 % – каменноугольный дёготь.

[3] Для кокса коксовой печи

[4] Для газового/дизельного топлива

** Количество выбросов CO_2 от древесного угля можно рассчитать на основании этого значения углеродного содержания, но в национальных кадастрах парниковых газов оно должно быть приравнено к нулю (см. раздел 1.2 в «Энергетике»).*

4.2.2.4 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 необходимо знать только количество стали, выплавляемой в регионе, в том числе электростали, общее количество продукции доменного чугуна, общее количество продукции кокса, железа прямого восстановления, окатышей и агломерата. В этом случае считается, что всё количество кокса было произведено на интегрированных коксовых предприятиях. Эти данные можно получить в региональных органах Росстата, ответственных за промышленную статистику, торгово-промышленных ассоциациях или металлургических компаниях. Общее производство нерафинированной стали определяют, как общий выпуск товарных слитков, полуфабрикатов непрерывного разлива и жидкой стали для литья.

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать общие объемы производства и использования чугуна, стали, газа из камерных печей, доменного газа и технологических материалов (таких как известняк, применяемый для производства чугуна и стали, стальной лом), железа прямого восстановления, агломерата и кокса, а также объёмы производства кокса на месте и на стороннем предприятии. Эти данные можно получить из региональных органов Росстата, ответственных за промышленную или энергетическую статистику, торгово-промышленных ассоциаций или металлургических компаний. Эти количества можно затем умножить на соответствующее углеродное содержание по

умолчанию из таблицы 4.3 и, используя формулы 4.9 – 4.11, рассчитать выбросы CO_2 от этого сектора. При отсутствии данных о производстве и использовании газа из камерных печей и доменного газа можно оценивать выбросы CO_2 без их учета, при этом все выбросы от сжигания этих газов будут включены в выбросы CO_2 от производства кокса и от производства чугуна соответственно. При этом рекомендуется собирать данные о деятельности на уровне завода. Если это не ключевая категория и общеотраслевые данные о восстановителях и технологических материалах не известны, то выбросы можно рассчитать по методу уровня 1.

4.2.2.5 Полнота

Взаимосвязь с сектором «Энергетика»

При оценке выбросов от этой категории источников (производство кокса (Энергетика) и производство чугуна и стали (ППИП)) существует опасность двойного учёта или пропуска либо в секторе ППИП, либо в секторе «Энергетика». Поскольку первичное использование углеродных источников (в основном кокса, но также и угля, нефти, природного газа, известняка и т.д.) направлено на производство доменного чугуна, то выбросы CO_2 и CH_4 от производства чугуна и стали, включая производство агломерата, следует относить к выбросам от промышленных процессов и учитывать в секторе ППИП. Выбросы CO_2 и CH_4 от производства кокса (потребление топлива и потери при переработке) относятся к категории производства энергии и должны быть учтены в этой категории. Однако на предприятии по производству чугуна и стали с интегрированным производством кокса, могут существовать потоки побочных продуктов (таких как, газ из камерных печей, доменный газ, побочные продукты коксовой печи) между заводом по производству кокса и заводом по производству чугуна и стали, что создаёт потенциальную вероятность двойного учёта. Углерод, потреблённый из газа камерных печей на предприятии по производству чугуна и стали, в результате чего образовались выбросы CO_2 и CH_4, следует относить к ППИП и учитывать в этой категории. Углерод, потреблённый в виде доменного газа на интегрированном предприятии по производству кокса, в результате чего образовались выбросы CO_2 и CH_4, относят к энергетическим выбросам и учитывают в категории «Энергетика». Отслеживание таких углеродных потоков требует хорошего знания принципов инвентаризации в этой категории источников.

Поскольку кокс играет существенную роль в формировании выбросов CO_2, важно учитывать производство кокса на интегрированном предприятии и определять границы углеродного баланса для предприятия по выпуску чугуна и стали, чтобы не допустить двойного учёта выбросов CO_2. Выбросы CO_2 и CH_4, связанные с производством кокса на месте и на отдельном предприятии, следует отнести к сектору «Энергетика» (см. том 2).

Другие формы углерода

Несмотря на то, что основным средством производства нерафинированного железа или доменного чугуна является доменная печь, работающая на коксе, другие формы углерода (например, угольная пыль, побочные продукты перегонки угля, вторсырьё от пластмассы и шин, природный газ или топливное масло) могут быть также использованы в доменной печи частично вместо кокса. В этих случаях эти материалы учитывают, как источники углерода для промышленных процессов (также как кокс), и эти материалы следует вычесть из общей энергетической статистики, если они были в неё включены. Чугун можно также производить в других видах промышленных установок, помимо доменных печей, часто с использованием природного газа или угля вместо кокса, и эти источники углерода следует учитывать также как кокс, поскольку они используются в тех же целях.

В большинстве доменных печей для облегчения процесса производства чугуна используют карбонатные флюсы (известняк или доломит). Поскольку эти материалы являются необходимым сырьём для промышленного процесса, их следует включать в кадастр выбросов от производства чугуна и стали. Нельзя допускать двойного учёта выбросов, связанных с использованием известняка и доломита, если они отдельно учитываются в секторе производства минеральных материалов. (См. раздел 2.5 (Другие процессы с использованием карбонатов).

Агломерат

Некоторые интегрированные предприятия включают заводы агломерата, на которых из железосодержащих материалов мелкой фракции получают агломерат, который используется в качестве сырья доменной печи. Мелкий кокс (или коксовая мелочь), используемый в качестве топлива в процессе получения агломерата, обычно является источником выбросов CO_2 и CH_4. Если коксовая мелочь производится на коксовом заводе в рамках предприятия и выбросы CO_2 и CH_4 учитываются вместе с углем, поступающем на предприятие, или если коксовая мелочь учитывается иным способом как закупленный кокс, то выбросы CO_2 и CH_4 от использования кокса для получения агломерата не должны учитываться дважды. Выбросы от производства агломерата относятся к категории выбросов ППИП и должны быть учтены в этой категории.

Отходящие газы

Важно не допускать двойного учёта побочных газов доменной печи (таких как доменный газ) или извлечённого отходящего газа конвертерных печей как энергию в энергетическом секторе, если они были учтены как выбросы от промышленного процесса. Выбросы от промышленных процессов должны включать все углеродные материалы, загружаемые в доменную печь в качестве первичного восстановителя. В типичном полностью интегрированном производстве кокса, чугуна и стали можно сделать поправку на побочные продукты коксовой печи и на углеродное содержание отгружаемой стали, о чём должно быть ясно сказано в описании процесса. В некоторых случаях

необходимо сделать поправку на доменный газ или на чугун, который может быть продан или перемещён за пределы предприятия. Технологические потоки отработанных газов наглядно показаны на рисунках 4.1 – 4.5.

Потребление электродов

Потребление электродов составляет около 3,5 кг/тонну для ЭДП. Однако, в зависимости от характеристик исходных материалов, некоторое количество углерода может быть добавлено в ЭДП (обычно около 20 кг/тонну) для регулирования процесса или может содержаться в материалах шихты в составе железного скрапа, что отражает всё более растущую тенденцию. В этих случаях выбросы CO_2 от этих дополнительных углеродсодержащих материалов следует рассматривать и учитывать, как выбросы от промышленных процессов, поскольку их углеродное содержание, по-видимому, не было учено нигде в другом месте кадастра. Кроме того, если природный газ используется для ускорения реакций в ЭДП в качестве восстановителя, то его следует учитывать, как источник углерода и относить к сектору ППИП, также как все технологические материалы, используемые при производстве чугуна и стали.

Некоторые специальные марки сталей производят в электроиндукционных печах, в которых загрузка на 100% состоит из стального лома и, в которых нет углеродных электродов. Такие процессы не выделяют заметных количеств CO_2 или CH_4.

Процесс ОПП

Хотя плавка в мартеновских печах (ОПП) уже не является преобладающей технологией, в некоторых регионах необходимо учитывать выбросы CO_2 от ОПП. Мартеновскую печь обычно загружают расплавленным чугуном и ломом, как и кислородный конвертер, и подают кислород; снижение концентрации углерода в чугуне и плавление шихты также происходит при сжигании ископаемого топлива (например, природного газа, топливного масла, угля или дёгтя) по поверхности ванны с шихтой. Углерод топлива, используемого в мартеновской печи, должен быть учтён как выбросы ППИП.

4.2.3 Оценка неопределённостей

Коэффициенты выбросов по умолчанию для производства кокса, чугуна и стали, используемые при расчётах уровня 1, имеют неопределённость ± 25%. Считается, что значения углеродного содержания материалов для уровня 2 имеют неопределённость 10%. В таблице 4.4 представлены диапазоны неопределённости для коэффициентов выбросов, углеродного содержания и данных о деятельности.

Для уровня 1 самой важной информацией о деятельности являются данные о производстве стали по каждому конкретному способу. Можно предполагать, что данные региональных статистик будут иметь неопределённость ±10%. Для уровня 2 неопределённость для общего количества восстановителя и технологического материала для производства чугуна и стали, по-видимому, будет в пределах 10%.

Таблица 4.4 – Диапазоны неопределённости

Метод	Источник данных	Диапазон неопределённости
Уровень 1	Коэффициенты выбросов по умолчанию Национальные данные о производстве	± 25% ± 10%
Уровень 2	Углеродное содержание по умолчанию для конкретного материала Национальные данные о восстановителях и технологических материалах	± 10% ± 10%
Уровень 3	Данные, о технологических материалах, полученные от компаний Данные измерений CO_2 и CH_4 от конкретных компаний Коэффициенты выбросов для конкретных компаний	± 5% ± 5% ± 5%

4.3 ПРОИЗВОДСТВО ФЕРРОСПЛАВОВ

4.3.1 Введение

Термин «ферросплав» применяется для описания концентрированных сплавов железа и одного или более металлов, таких как кремний, марганец, хром молибден, ванадий и вольфрам. Производство металлического кремния обычно включают в группу ферросплавов, потому что процесс производства металлического кремния подобен процессу производства ферросилиция. Эти сплавы используются для раскисления и изменения свойств стали. Заводы ферросплавов производят концентрированные сплавы, которые доставляются на сталеплавильные заводы для добавления в сталь. Металлический кремний используется в алюминиевых сплавах, для производства силиконов и в электронике. Производство ферросплавов включает процесс металлургического восстановления, что приводит к значительным выбросам диоксида углерода.

При производстве ферросплавов сырая руда, углеродные материалы и шлакообразующие материалы смешивают и нагревают до высокой температуры с целью восстановления и плавления. В качестве углеродсодержащих восстановителей обычно используют уголь и кокс, однако биоуглерод (древесный уголь и древесина) также широко применяется в качестве первичного или вторичного источника углерода. Выбросы диоксида углерода (CO_2) и метана (CH_4) от производства кокса учитываются в разделе 4.2 и относятся по сектору «Энергетика». Используется электрическая печь с погружённой дугой с графитовыми электродами или расходными электродами Содерберга. Тепло производится с помощью электрической дуги, как результат сопротивления материалов шихты. Печи могут быть открытого, полузакрытого и закрытого типа. В широко распространённой технологии используется печь с погружённой дугой и открытым верхом (ЭДП). В ЭДП тепло производит ток, проходящий через графитовые электроды, подвешенные в чашеобразной футерованной стальной оболочке. По мере расходования коксовых и графитовых электродов происходит восстановление оксидов металлов углеродом. Углерод электродов присоединяет кислород из оксидов металла с образованием CO, при этом руда восстанавливается до металлического расплава. Металлические компоненты затем соединяются в растворе.

Кроме выбросов от восстановителей и электродов, свой вклад в выбросы парниковых газов вносит кальцинирование карбонатных флюсов, таких как известняк или доломит.

Первичные выбросы в закрытых дуговых печах состоят почти полностью из CO, а не из CO_2, вследствие наличия сильной восстанавливающей среды. Этот CO либо используют для получения энергии для котлов, либо сжигают в факеле. Считается, что получаемая при этом энергия используется внутри завода и углеродное содержание CO последовательно превращается в CO_2 в пределах завода.

CO, производимый в открытых и полузакрытых печах, сгорает до CO_2 над шихтой. Считается, что весь CO, улетающий в атмосферу, через несколько дней превращается в CO_2. В то время как CO_2 – это основной парниковый газ, образующийся при производстве ферросплавов, последние исследования показали, что CH_4 и N_2O дают одинаковые выбросы парникового газа в размере до 5% от выбросов CO_2 при производстве ферросилиция (FeSi) и сплавов кремний-металл (Si-металл). В этом разделе рассмотрены методики оценки выбросов CO_2 и CH_4. Следует изучить более тщательно выбросы этих веществ от производства всех видов ферросплавов и провести дополнительные измерения таких выбросов от производства FeSi и Si-металл.

4.3.2 Вопросы методологии

4.3.2.1 Выбор метода оценки CO_2

Существуют различные методики расчёта выбросов CO_2 от производства ферросплавов. Для практических целей в этом разделе принят массово-балансовый метод, в котором все выбросы CO приравниваются к выбросам CO_2. Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий. В методе уровня 1 выбросы рассчитывают путем умножения общих коэффициентов выбросов на объем производства ферросплавов. Метод уровня 1 очень простой и может давать ошибки вследствие использования допущений вместо фактических данных. Поэтому этот уровень применим только в том случае, если производство ферросплавов не является ключевой категорией. В методе уровня 2 выбросы рассчитывают на основании потребления восстановителей, предпочтительно на уровне завода, но также можно использовать промышленные данные на уровне региона и коэффициенты выбросов аналогичные тем, что используются для оценки выбросов от сжигания. В методе уровня 3 используются данные о выбросах отдельных заводов.

Метод уровня 1: расчет, основанный на количестве продукции и коэффициентах выбросов

Самый простой метод оценки заключается в умножении коэффициентов выбросов по умолчанию на количество продукции по отдельным типам ферросплавов, см. уравнение 4.15

Уравнение 4.15

Выбросы CO_2 от производства ферросплавов – уровень 1

$$E_{CO_2} = \sum_i (MP_i \bullet EF_i)$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2, тонны;

MPi = производство ферросплава типа i, тонны;

EFi = коэффициент выбросов для ферросплава типа i, тонны CO_2/тонну продукции ферросплава этого типа.

Метод уровня 2: расчет, основанный на количестве продукции и коэффициентах выбросов для отдельных видов сырья

Альтернативный метод заключается в применении коэффициентов выбросов для восстановителей. Для других видов сырья и продукции используют углеродное содержание.

Блок 4.1
Объяснение для слов/символов, используемых в уравнениях этого раздела: Содержание означает весовую долю во всех уравнениях $\sum$ означает сумму всех i, h, j, k или l

Уравнение 4.16

Выбросы CO_2 от производства ферросплавов – уровень 2

$$E_{CO_2} = \sum_i (M_{\text{восстан.}i} \bullet EF_{\text{восстан.}i}) + \sum_h (M_{\text{руда},h} \bullet \text{ССодержание}_{\text{руда},h}) \bullet \frac{44}{12} + \\ + \sum_j (M_{\text{шлакообр.},i,j} \bullet \text{ССодержание}_{\text{шлакообр.},j}) \bullet \frac{44}{12} - \\ - \sum_k (M_{\text{продукт},k} \bullet \text{ССодержание}_{\text{продукт},k}) \bullet \frac{44}{12} - \\ - \sum_l (M_{\text{исходящий непродукт.поток},l} \bullet \text{ССодержание}_{\text{исходящий непродукт.поток},l}) \bullet \frac{44}{12}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от производства ферросплавов, тонны;

$M_{\text{восст i}}$ = масса восстановителя i, тонны;

$EF_{\text{восст i}}$ = коэффициент выбросов для восстановителя i, тонны CO_2/тонну восстановителя;

$M_{\text{руда h}}$ = масса руды h, тонны;

$\text{ССодержание}_{\text{руда,h}}$ = углеродное содержание руды h, тонны C/тонну продукта;

$M_{\text{шлакообр.j}}$ = масса шлакообразующего материала j, тонны;

$\text{ССодержание}_{\text{шлакообр.j}}$ = углеродное содержание шлакообразующего материала j, тонны C/тонну материала;

$M_{\text{продукт k}}$ = масса продукта k, тонны;

$\text{ССодержание}_{\text{продукт k}}$ = углеродное содержание продукта k , тонны C/тонну продукта;

$M_{\text{исходящий непродукт. поток, l}}$ = масса непродукцииого исходящего потока l, тонны;

$\text{ССодержание}_{\textit{исходящий непродуктю поток,l}}$ = углеродное содержание непродукцииого исходящего потока l, тонны C/тонну;

Константа 44/12 – коэффициент для получения массы CO_2, выделившегося из каждой массовой единицы суммарного потребления углерода.

Метод уровня 3:

Метод уровня 3 описан в (*Межправительственная, 2006*)

Методика оценки выбросов CH_4 и обсуждение выбросов N_2O

Нагревание углеродных материалов в печи сопровождается выделением летучих веществ, в том числе метана. В открытых или полузакрытых печах (преимущественно используемых для производства FeSi и кремниевых ферросплавов) самая большая часть летучих веществ сгорает до CO_2 над шихтой, в вытяжном колпаке и каналах отходящего газа, но остаётся также непрореагировавшая часть веществ, таких как CH_4 и ЛНОС. Количество этих веществ зависит от работы печи. Непрерывная загрузка материалов снижает количество CH_4 по сравнению с загрузкой партиями. Повышение температуры в вытяжном колпаке (уменьшение подсоса воздуха через неплотные соединения) ещё более снижает уровень выбросов CH_4.

В Методических рекомендациях рассматривается несколько методов расчёта выбросов CH_4 от производства FeSi– и Si-ферросплавов. Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных условий. В методе уровня 1 выбросы рассчитывают исходя из общих коэффициентов выбросов и общего объема производства ферросплавов. Метод уровня 1 очень простой и может давать ошибки, поскольку основан на допущениях, а не на фактических данных. Поэтому его следует применять только в том случае, если производство ферросплавов не является ключевой категорией. В методе уровня 2 выбросы рассчитывают исходя из коэффициентов выбросов для конкретного процесса.

Ошибки, связанные с оценкой или измерением выбросов N_2O от промышленности ферросплавов, очень велики и поэтому не существует методики оценки выбросов N_2O.

Метод уровня 1: расчет, основанный на количестве продукции FeSi и кремниевых сплавов и коэффициентах выбросов

Простейший метод оценки заключается в умножении коэффициентов выбросов по умолчанию на количество произведённых кремниевых сплавов по типам сплавов. Общие выбросы рассчитывают согласно уравнению:

Уравнение 4.17

Выбросы CH_4 от производства ферросплавов – уровень 1

$$E_{CH_4} = \sum_i (MP_i \bullet EF_i)$$

где:

E_{CH_4} = выбросы CH_4, кг;

MP_i = производство кремниевого сплава *i*, тонны;

EF_i = коэффициент выбросов для кремниевого сплава *i*, кг CH_4/тонну продукции кремниевого сплава.

Метод уровня 2: расчет, основанный на количестве продукции FeSi и кремниевых сплавов по конкретным технологиям

Метод уровня 2 также основан на коэффициентах выбросов, но в отличие от уровня 1, коэффициенты выбросов специфичные для каждой технологии.

Метод уровня 3:

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

4.3.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Коэффициенты выбросов CO_2

Метод уровня 1: расчет, основанный на количестве продукции и коэффициентах выбросов

Если известны только данные региональной статистики о производстве ферросплавов, то в эффективной практике используют коэффициенты по умолчанию. Однако, из-за большого различия коэффициентов в зависимости от типа производства ферросплавов, необходимо определить тоннаж производства по каждому из типов производства и затем суммировать результаты умножения коэффициентов из таблицы 4.5 на соответствующий тоннаж продукции. Эти коэффициенты основаны на оценке экспертов, которые опирались на типовые сценарии производства ферросплавов. Если для производства FeSi и Si-сплавов используется биоуглерод, за исключением щепы, то эти коэффициенты не применимы.

Для FeMn сплавов коэффициенты выбросов основаны на производстве, при этом марганецсодержащие сырьевые материалы представляли собой смесь оксидных руд, карбонатных руд и импортированного марганцевого агломерата. Если агломерат производится в другом регионе, то он не даёт никакого вклада в региональный кадастр парниковых газов. Выбросы от производства агломерата следует учитывать по месту его производства.

Таблица 4.5 – Коэффициенты выбросов CO_2 от производства различных ферросплавов (тонны CO_2 на тонну продукта)

Тип ферросплава	Коэффициент выбросов
Ферросилиций 45% Si	2,5
Ферросилиций 65 % Si	3,6
Ферросилиций 75% Si	4,0
Ферросилиций 90% Si	4,8
Ферромарганец (7% C)	1,3
Ферромарганец (1% C)	1,5
Силикомарганец	1,4
Металлический кремний	5,0
Феррохром	1,3 (1,6 с заводом агломерата)
Источник: *Межправительственная, 2006*	

Коэффициент для FeSi90 и кремниевых сплавов основан на потреблении C из заправочного материала, которое составляет 110% от стехиометрического количества необходимого для восстановления SiO_2. Для остальных FeSi-сплавов коэффициент выбросов определяется на основе 114% от необходимого стехиометрического количества углерода.

Метод уровня 2: расчет, основанный на количестве продукции и коэффициентах выбросов для различных сырьевых материалов

Коэффициенты выбросов для восстановителей, используемых в производстве марганцевых и кремниевых сплавов, даны в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Коэффициенты выбросов CO_2 для производства ферросплавов (тонны CO_2/тонну восстановителя)

Восстановитель (применение)	Коэффициент выбросов
Уголь (для FeSi и кремниевых сплавов)	3,1
Кокс (для FeMn и SiMn)	3,2-3,3
Кокс (для Si и FeSi)	3,3-3,4
Термически обработанные электроды	3,54
Электродная масса	3,4
Нефтяной кокс	3,5
Источник: *Межправительственная, 2006*	

Коэффициенты выбросов CH_4

Метод уровня 1: расчет, основанный на количестве продукции FeSi и кремниевых сплавов и коэффициентах выбросов

Если известны только данные региональной статистики о производстве ферросплавов, то в эффективной практике используют коэффициенты по умолчанию. Однако, вследствие сильного отличия коэффициентов в зависимости от вида ферросплавов, необходимо определить тоннаж производства по каждому виду ферросплавов и суммировать результат умножения коэффициентов из таблицы 4.7 на соответствующий тоннаж.

Таблица 4.7 – Коэффициенты выбросов CH_4 по умолчанию (кг CH_4/тонну продукта)

Выбросы	Сплав	Коэффициент выбросов
CH_4	Si-металл	1,2
	FeSi 90	1,1
	FeSi 75	1,0
	FeSi 65	1,0
Источник: *Межправительственная, 2006*		

Метод уровня 2: расчет, основанный на количестве продукции FeSi и Si-сплавов и коэффициентах выбросов для отдельных технологий

Метод уровня 2 также основан на коэффициентах выбросов, но в отличие от метода уровня 1 эти коэффициенты специфичны для каждого из способов производства. В

остальном этот метод совпадает с тем методом, который описан уравнением 4.17, с использованием значений из таблицы 4.8.

4.3.2.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 требуется информация только об объёмах производства отдельных типов ферросплавов в регионе. Эти данные можно получить в региональных органах Росстата, ответственных за промышленную статистику, в торгово-промышленных ассоциациях или в компаниях по выпуску ферросплавов. Эти объёмы производства следует умножить на соответствующий коэффициент выбросов из таблицы 4.5 для оценки выбросов CO_2 от этого сектора и из таблицы 4.7 для оценки выбросов CH_4 от этого сектора.

Таблица 4.8 – Коэффициенты выбросов CH_4 по умолчанию (кг CH_4/тонну продукта)

Выбросы	**Сплав**	**Способ производства**		
		Загрузка шихты партиями	**Непрерывная загрузка шихты [1)]**	**Непрерывная загрузка шихты > 750 °C [2)]**
CH_4	Si-металл	1,5	1,2	0,7
	FeSi 90	1,4	1,1	0,6
	FeSi 75	1,3	1,0	0,5
	FeSi 65	1,3	1,0	0,5

[1] *Непрерывная загрузка – это постоянная загрузка шихты через каждую минуту.*

[2] *Измерение температуры в каналах отходящего газа, если термопара не может «видеть» сжигание в колпаке печи.*

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать общее количество восстановителя и других материалов, используемых для производства ферросплавов в регионе, а также типы процессов. Эти данные можно получить в торгово-промышленных ассоциациях или в компаниях по выпуску ферросплавов. Эти количества затем умножают на соответствующие коэффициенты выбросов из таблиц 4.6 и 4.8, суммируют и получают общее количество выбросов CO_2 и CH_4 от этого сектора. Предпочтительным является сбор данных на уровне завода.

4.3.2.4 Полнота

При расчёте выбросов CO_2 от этой категории источников существует опасность двойного учёта или пропуска либо в секторе ППИП, либо в секторе «Энергетика». Поскольку первичное использование углеродных источников (уголь, кокс, известняк, доломит и т.д.) связано с производством ферросплавов, то выбросы рассматриваются как выбросы от промышленных процессов и должны быть учтены как таковые. Следует

отметить, что вероятность двойного учёта особенно велика при использовании метода уровня 1.

4.3.3 Оценка неопределённостей

Оценки неопределённостей для производства ферросплавов вытекают в основном из неопределённостей, связанных с данными о деятельности, и в меньшей степени из неопределённостей, связанных с коэффициентом выбросов. Выбросы от производства ферросплавов с использованием древесины или другой биомассы не учитываются в этой категории, поскольку углерод древесины является биогенным. Выбросы от производства ферросплавов с использованием угля и графита учитывают в национальных трендах, однако они могут давать различные количества CO_2 на единицу продукции ферросплава по сравнению с использованием нефтяного кокса.

4.3.3.1 Неопределённости коэффициентов выбросов

Для метода уровня 2 считается, что коэффициенты выбросов для отдельных видов материалов будут меняться в пределах 10%, что в целом даёт более низкую неопределённость, чем для метода уровня 1. Неопределённость коэффициентов выбросов по умолчанию, используемых в методе уровня 1, составляет от 25 до 50%.

4.3.3.2 Неопределённости данных о деятельности

Для метода уровня 1 самыми важными данными о деятельности являются данные о производстве по типам ферросплавов. Статистические данные должны быть известны; неопределённость данных региональной статистики, вероятно, составляет менее 5%. Для метода уровня 2 неопределенность информации на уровне завода о количествах восстановителя и технологических материалов не превышает 5%.

Таблица 4.9 – Диапазоны неопределённости

Метод	Источник данных	Диапазон неопределённости
Уровень 1	Данные о региональном производстве	< 5%
	Коэффициенты выбросов по умолчанию	< 25 %
Уровень 2	Данные о восстановителях и технологических материалах от компаний	< 5%
	Региональные данные о восстановителях и технологических материалах	< 5%
	Заводские коэффициенты выбросов	< 5%
	Коэффициенты выбросов по умолчанию для отдельных материалов	< 10%
Уровень 3	Заводские измерения CO_2	<5%
		Источник: *Межправительственная, 2006*

4.4 ПРОИЗВОДСТВО ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

4.4.1 Введение

В этом разделе рассматриваются выбросы от процессов производства первичного алюминия[18]. Во всём мире первичный алюминий производится по электролитическому способу Холла-Херулта. В этом способе ванны электролитического восстановления различаются по форме и конфигурации углеродного анода и системе подачи глинозёма; различают четыре типа технологии: центральное предварительное спекание (CWPB)[19], боковое предварительное спекание (SWPB), горизонтальный метод Стада Содерберга (HSS) и вертикальный метод Стада Содерберга(VSS).

Наиболее значительными выбросами являются:

- диоксид углерода (CO_2) в результате реакции углерода углеродных анодов с оксидом алюминия с образованием металлического алюминия;
- перфторуглероды (ПФУ) – выбросы CF_4 и C_2F_6 в результате анодных эффектов. В меньших количествах имеют место выбросы CO, SO_2 и ЛНОС от производственных процессов. SF_6 не выделяется в электролитическом процессе и вообще очень редко применяется в процессе производства алюминия – лишь небольшие количества SF_6 выделяются при флюсовании алюминиевых сплавов с высоким содержанием магния[20].

Составители кадастра в регионах, где производится алюминий, должны быть в состоянии применить метод минимального уровня 1 и обеспечить тем самым полноту учёта. Хотя в этой главе представлены коэффициенты выбросов по умолчанию для CO_2 и ПФУ, составители кадастра должны предпринять все усилия, чтобы использовать методы более высокого уровня, поскольку интенсивности выбросов могут меняться в значительной степени и неопределённость, связанная с коэффициентами уровня 1, очень высока. Производителя алюминия в плановом порядке (рутинно) собирают данные о процессе необходимые для расчёта коэффициентов выбросов уровня 2.

4.4.2 Вопросы методологии.

4.4.2.1 Выбор метода для выбросов CO_2 от производства первичного алюминия

При обычном способе алюминий образуется у катода, а углерод расходуется у анода согласно реакции электролитического восстановления алюминия:

$$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$$

Большая часть диоксида углерода выделяется в результате реакции электролиза углерода анода с глинозёмом (Al_2O_3). Потребление предварительно обожжённых угольных анодов и массы Содерберга является основным источником выбросов диоксида углерода при производстве первичного алюминия. Другие источники промыш-

---

[18] *Выбросы от сжигания ископаемого топлива, связанные с производством первичного алюминия, добычей бокситов, обогащением бокситовых руд и восстановлением алюминия из вторсырья, рассмотрены в разделе «Энергетика». Выбросы диоксида углерода, связанные с производством энергии путём сжигания ископаемого топлива с целью производства алюминия, также рассмотрены в разделе «Энергетика».*

[19] *Включая электролизеры с точечной загрузкой и электролизеры с пробойником блочного типа.*

[20] *В 2004 году проверка IAI не обнаружила выбросов SF_6 от производства первичного алюминия по электролитическому способу Холла-Херулта.*

ленных выбросов диоксида углерода, связанные с предварительным обжигом анода, составляют менее 10% общих неэнергетических выбросов CO_2.

Реакции, приводящие к выбросам CO_2, хорошо понятны, и эти выбросы напрямую связаны с объёмами производства алюминия через фундаментальные электрохимические уравнения восстановления алюминия на углеродном аноде и с объмами окисления углерода в термических процессах. Эти фундаментальные параметры процесса, с которыми связаны выбросы CO_2, относятся к числу постоянно наблюдаемых параметров процесса на предприятиях; на предприятиях с предварительной термической обработкой измеряют нетто-потребление углерода в составе анода, а на предприятиях с процессом Содерберга – потребление анодной массы.

Для расчётов выбросов CO_2 требуются данные о производстве отдельно по технологии Содерберга и по технологии с предварительным обжигом. Дальнейшая дифференциация данных по подтипам технологии Содерберга или по подтипам технологии с предварительным обжигом не требуется.

Метод уровня 1 для выбросов CO_2

В методе уровня 1 для расчёта выбросов CO_2 необходимо знать только основной тип технологии (с предварительным обжигом или Содерберга), поскольку это самый низкий уровень оценки выбросов CO_2 от производства алюминия. Так как метод уровня 1 связан с высокой неопределённостью, то эффективная практика предусматривает использование методов более высокого уровня в том случае, если выбросы CO_2 от производства первичного алюминия относятся к ключевой категории. Общие выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению 4.18.

Уравнение 4.18

Выбросы $C0_2$, связанные с потреблением анода и/или анодной массы – уровень 1

$$E_{CO_2} = EF_P \bullet MP_P + EF_S \bullet MP_S$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от потребления анода и/или анодной массы, тонны CO_2;

EF_P = коэффициент выбросов для технологии с предварительным обжигом (тонны CO_2/тонну продукции алюминия);

MP_P = производство металла по технологии с предварительным обжигом (тонны Al);

EF_S = коэффициент выбросов для технологии Содерберга (тонны CO_2/тонну продукции алюминия);

MP_S = производство металла по технологии Содерберга (тонны Al).

Метод уровня 2 для оценки выбросов CO_2

Для обеих технологий (с предварительным обжигом и Содерберга) выбросы CO_2 рассчитывают по массово-балансовому методу, который предполагает, что углеродное содержание израсходованного количества анодов или анодной массы даёт исключи-

тельно выбросы CO_2. В методе уровня 2 для обоих этих процессов используются типичные промышленные концентрации примесей.

Выбросы CO_2 для электролизеров с предварительным обжигом (CWPB/PWPB и SWPB):

Выбросы CO_2 по методу уровня 2 для электролизеров с предварительным обжигом рассчитывают по уравнению 4.19. В методе уровня 2 для некоторых параметров используются значения по умолчанию. В разделе 4.4.2.2 более детально рассмотрено использование этих параметров.

Уравнение 4.19

Выбросы CO_2, связанные с потреблением предварительно обожженного анода – уровень 2 и 3

$$E_{CO_2} = NAC \bullet MP \bullet \frac{100 - Sa - Зола a}{100} \bullet \frac{44}{12}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от потребления предварительно обожжённых анодов, тонны CO_2;

MP = общее производство металла, тонны Al;

NAC = нетто-потребление предварительно обожжённых анодов на тонну алюминия, тонны C/тонну Al;

S_a = содержание серы в обожжённых анодах, вес.%;

$Зола_a$ = содержание золы в обожжённых анодах, вес.%;

44/12 = отношение молекулярной массы CO_2 к атомной массе углерода, относительные единицы.

Уравнение 4.19 следует применять для каждого предприятия с предварительным обжигом и суммировать результаты для получения общих выбросов CO_2 в регионе.

Выбросы от сжигания ископаемого топлива, используемого при производстве обожжённых анодов, рассмотрены в разделе «Энергетика». Однако два других источника выбросов CO_2 связаны с печами обжига анодов – сжигание летучих веществ, выделившихся при обжиге, и сжигание материала загрузки печи (кокс). Для расчёта таких выбросов можно использовать уравнения 4.20 и 4.21.

Уравнение 4.20

Выбросы CO_2 от сжигания летучих веществ смолы – методы уровня 2 и 3

$$E_{CO_2} = (GA - H_w - BA - WT) \bullet \frac{44}{12}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от сжигания летучих веществ смолы, тонны CO_2;

GA = начальный вес необожженных анодов, тонны;

H_w = содержание водорода в необожжённых анодах, тонны;

BA = вес обожжённых анодов, тонны;

WT = собранные отходы дёгтя, тонны.

Уравнение 4.21

Выбросы CO_2 от материала загрузки печи обжига – методы уровня 2 и 3

$$E_{CO_2} = PCC \bullet BA \bullet \frac{100 - S_{pc} - Зола_{pc}}{100} \bullet \frac{44}{12}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от материала загрузки печи обжига, тонны CO_2;

PCC = потребление кокса, тонны/тонну обожжённых анодов;

BA = вес обожжённых анодов, тонны;

S_{pc} = содержание серы в коксе загрузки, вес.%;

$Зола_{pc}$ = содержание золы в коксе загрузки, вес.%.

Выбросы CO_2 от электролизеров Содерберга (VSS и HSS):

Выбросы CO_2 по методу уровня 2 для электролизеров Содерберга рассчитывают по уравнению 4.22. Для метода уровня 2 для некоторых компонентов используются значения по умолчанию. В разделе 4.4.2.2 более детально рассмотрено использование этих параметров.

Уравнение 4.22

Выбросы CO_2 от потребления анодной массы – методы уровня 2 и 3

$$E_{CO_2} = \left(PC \cdot MP - \frac{CSM \cdot MP}{1000} - \frac{BC}{100} \cdot PC \cdot MP \cdot \frac{S_p + Зола_p + H_p}{100} - \frac{100 - BC}{100} \cdot PC \cdot MP \cdot \frac{S_c + Зола_c}{100} - MP \cdot CD\right) \cdot \frac{44}{12}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от потребления анодной массы, тонны CO_2;

MP = общее производство металла, тонны Al;

PC = потребление анодной массы, тонны/тонну Al;

CSM = выбросы веществ, растворимых в циклогексане, кг/тонну Al;

BC = содержание связующего в анодной массе, вес.%;

S*p* = содержание серы в смоле, вес.%;

$Зола_p$= содержание золы в смоле, вес.%;

H*p* = содержание водорода в смоле, вес.%;

S_c = содержание серы в кальцинированном коксе, вес.%;

$Зола_c$ = содержание золы в кальцинированном коксе, вес.%;

CD = углерод в пыли, отходящей от ванн Содерберга, тонны C/тонну Al;

44/12 = отношение молекулярной массы CO_2 к атомной массе углерода, относительные единицы.

Уравнение 4.22 следует применить к каждому предприятию в регионе, работающему по технологии Содерберга, и суммировать результаты для получения общих региональных выбросов. Можно использовать гибридный метод уровня 2/3, если данные о содержании золы или серы известны не для всех предприятий.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в (*Межправительственная, 2006*).

4.4.2.2 Выбор коэффициентов выбросов CO_2 от производства первичного алюминия

Метод уровня 1 для выбросов CO_2

В таблице 4.10 перечислены коэффициенты выбросов по умолчанию для CO_2 на тонну алюминия. Коэффициенты выбросов 1,6 и 1,7 для технологии предварительного обжига и технологии Содерберга основаны на данных глобального исследования, проведённого Международным институтом алюминия (IAI).

Таблица 4.10 – Коэффициенты выбросов CO_2 для потребления анода или анодной массы, для различных технологий – уровень 1

Технология	Коэффициент выброса (тонны CO_2/тонну Al)	Неопределённость (+/-%)
С предварительным обжигом анодов [21]	1,6	10
Содерберга	1,7	10
Источник: *Межправительственная, 2006*		

Коэффициенты выбросов уровня 2 для оценки выбросов CO_2

Выбросы CO_2 от электролизеров с предварительным обжигом (CWPB и SWPB):

Наиболее важными членами уравнения 4.19 для технологии с предварительным обжигом являются производство металла и нетто-потребление анодов. Данные об этих параметрах для использования метода уровня 2 следует брать у отдельных предприятий. Другие члены уравнения учитывают влияние неуглеродных компонентов анодов (сера, зола и т.п.) и поэтому некритичны. Метод уровня 2 основан на использовании значений по умолчанию из таблиц 4.11 – 4.13. Обычно на предприятиях по производству первичного алюминия ведётся учёт углерода, израсходованного на тонну продукции алюминия, в виде экономических показателей. На предприятиях, использующих предварительный обжиг анодов, этот параметр называется «нетто-потребление анодов или углерода», а на предприятиях, использующих технологию Содерберга – «потребление анодной массы».

Выбросы CO_2 от электролизеров Содерберга (VSS и HSS):

Как было отмечено для потребления предварительно обожжённых анодов, самыми важными членами уравнения 4.22 являются производство металла и потребление анодной массы. Другие члены уравнения 4.22, которые зависят от количества примесей и небольших изменений в содержании углерода, меньше влияют на результат. Метод уровня 2 предполагает использование значений по умолчанию из таблицы 4.14. Содержание связующего в анодной массе (BC, см. уравнение 4.22) обычно меняется в пределах 1%.

[21] *Коэффициенты: выбросов для технологии с предварительным обжигом включают выбросы CO_2 от сжигания летучих веществ смолы и кокса загрузки печи.*

Таблица 4.11 – Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO_2 от технологии с предварительным обжигом (CWPB и SWPB), см. уравнение 4.19 – метод уровня 2

Параметр	Источник данных	Неопределённость (+/-%)
MP: общее производство металла (тонны алюминия в год)	Данные от отдельных предприятий	2
NAC: нетто-потребление анодов на тонну алюминия (тонны на тонну Al)	Данные от отдельных предприятий	5
S_a: содержание серы в обожжённых анодах (вес.%)	Использовать типичное значение для данной промышленности 2%	50
$Зола_a$ содержание золы в обожжённых анодах (вес.%)	Использовать типичное значение для данной промышленности 0,4%	85

Таблица 4.12 – Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO_2 от сжигания летучих веществ смолы (CWPB и SWPB), см. уравнение 4.20 – метод уровня 2

Параметр	Источник данных	Неопределённость (+/-%)
GA: начальный вес необожженных анодов (тонны необожжённых анодов в год)	Данные от отдельных предприятий	2
H_w: содержание водорода в необожжённых анодах (тонны)	Использовать типичное значение для данной промышленности 0,005 • GA	50
BA: производство обожжённых анодов (тонны в год)	Данные от отдельных предприятий	2
WT: собранные отходы дёгтя (тонны) a) Печи Райдхаммера b) Все другие печи	Использовать типичное значение для данной промышленности a) 0,005 • GA b) незначительно	50

Таблица 4.13 - Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO_2 от загрузки печи обжига (CWPB и SWPB), см. уравнение 4.21 – метод уровня 2

Параметр	Источник данных	Неопределённость (+/-%)
PCC: потребление кокса (тонны/тонну обожжённьгх анодов)	Использовать типичное значение для данной промышленности 0,015	25
BA: производство обожжённых анодов (тонны в год)	Данные от отдельных предприятий	2
S_{pc}: содержание серы в коксе загрузки печи (вес.%)	Использовать типичное значение для данной промышленности 2%	50
$Зола_{pc}$: содержание золы в коксе загрузки печи (вес.%)	Использовать типичное значение для данной промышленности 2,5%	95

Таблица 4.14 – Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO_2 от ванн Содерберга (VSS и HSS) – метод уровня 2

Параметр	Источник данных	Неопределённость (+/-%)
MP: общее производство металла (тонны Al/год)	Данные от отдельных предприятий	2
PC: потребление анодной массы (тонны на тонну Al)	Данные от отдельных предприятий	2-5
CSM: выбросы веществ, растворимых в циклогексане (кг на тонну Al)	Использовать типичное отраслевое значение HSS – 4,0 VSS – 0,5	30
BC: содержание связующего в анодной массе (вес.%)	Использовать типичное значение, Сухая анодная масса – 24% Влажная анодная масса – 27%	25
S_p: содержание серы в смоле (вес.%)	Использовать типичное значение 0,6%	20
Зола$_p$: содержание золы в смоле (вес.%)	Использовать типичное значение 0,2%	20
H_p: содержание водорода в смоле (вес.%)	Использовать типичное значение для данной промышленности 3,3%	50
S_c: содержан серы в кальцинированном коксе (вес.%)	Использовать типичное значение, 1,9%	20
Зола$_c$: содержание золы в кальцинированном коксе (вес.%)	Использовать типичное значение 0,2%	50
CD: содержание углерода в пыли от анодов (тонны углерод в пыли на тонну Al)	Использовать типичное значение 0,01	99

4.4.2.3 Выбор метода для ПФУ

В процессе электролиза глинозем (Al_2O_3) растворяется во фторидном расплаве, который примерно на 80% состоит из криолита (Na_3AlF_6). Перфторуглероды (под термином ПФУ здесь подразумеваются вещества CF_4 и C_2F_6) образуются в реакции углерода анода с расплавом криолита при нарушении технологических параметров процесса, известных как «анодный эффект». Анодный эффект имеет место, когда концентрация глинозёма в электролите слишком мала для протекания стандартной анодной реакции.

Блок 4.2

Анодный эффект

Анодный эффект – это нарушение технологических параметров процесса, когда в электролите растворено недостаточное количество глинозёма, что приводит к повышению напряжения выше нормального технологического предела, в результате чего образуются выбросы газов, содержащих ПФУ.

Методы уровня 2 и 3 для оценки ПФУ основаны на заводских данных об анодном эффекте, которые регулярно собирают. При выборе метода для ПФУ следует знать, что неопределённость, связанная с методикой более высокого уровня намного ниже, чем для уровня 1, поэтому для ключевой категории настоятельно рекомендуется использовать методы уровня 2 или 3. В зависимости от типа технологии неопределённость методов

оценки ПФУ меняется от нескольких сот процентов для уровня 1 до менее 20% для уровня 3.

Контакты с производителями первичного алюминия позволят узнать о наличии данных, которые, в свою очередь, определяют метод оценки выбросов. Заводы постоянно (рутинно) измеряют анодные эффекты – в минутах анодного эффекта на ванно-сутки или как избыточное напряжение анодного эффекта. Выбросы ПФУ напрямую зависят от анодного эффекта через коэффициент (либо угловой коэффициент, либо коэффициент перенапряжения). Все заводы ОК РУСАЛ, которая является единственным производителем первичного алюминия в России, выполняют измерения частоты и длительности анодных эффектов, отдельные предприятия измеряют также избыточное перенапряжение анодного эффекта. Излагаемая ниже методика основана на расчете выбросов ПФУ с использованием данных по частоте и продолжительности анодных эффектов. Методика, основанная на использовании данных об избыточном перенапряжении анодного эффекта, приведена в Межправительственная, 2006.

Метод уровня 1: расчет на основании коэффициентов выбросов специфичных для отдельных технологий

В методе уровня 1 используются коэффициенты выбросов специфичные для отдельных технологий, а именно, для четырёх основных способов (CWPB/PWPB, SWPB, VSS и HSS). Выбросы ПФУ можно рассчитать по уравнению 4.23. Уровень неопределённости для метода уровня 1 намного выше, поскольку уровень анодного эффекта на предприятиях (что является определяющим фактором для выбросов ПФУ) не учитывается напрямую. Уровень 1 может соответствовать требованиям эффективной практики, только если выбросы ПФУ от первичного алюминия не относятся к ключевой категории и если предприятия не предоставляют соответствующие данные о процессе.

Уравнение 4.23

Выбросы ПФУ – метод уровня 1

$$E_{CF_4} = \sum_i (EF_{CF_{4,i}} \bullet MP_i)$$

и

$$E_{C_2F_6} = \sum_i (EF_{C_2F_{6,i}} \bullet MP_i)$$

где:

E_{CF_4} = выбросы CF_4 от производства алюминия, кг CF_4;

$E_{C_2F_6}$ = выбросы C_2F_6 от производства алюминия, кг C_2F_6;

$EF_{CF_{4,i}}$ = коэффициент выбросов по умолчанию для технологии i для CF_4, кг CF_4/тонну Al;

$EF_{C_2F_{6,i}}$ = коэффициент выбросов по умолчанию для технологии i для C_2F_6, кг C_2F_6/тонну Al;

MPi = производство металла по технологии i, тонны Al.

Метод уровня 2: расчет на основании анодного эффекта

Методики расчета выбросов CF_4 от отдельных заводов уровня 2 и 3 отражают взаимосвязь между анодным эффектом и выбросами CF_4. Эти уравнения включают угловой коэффициент, основанный на прямых измерениях ПФУ. В уровне 2 используется усреднённый коэффициент МГЭИК, полученный в результате измерений на нескольких предприятиях, а в уровне 3 используются измерения на отдельном предприятии. Поскольку механизмы процесса возникновения выбросов ПФУ одинаковы для CF_4 и C_2F_6, то эти два газа следует рассматривать вместе при оценке выбросов ПФУ. Во всех методах, выбросы C_2F_6 рассчитывают в виде доли от выбросов CF_4.

Уравнение 4.24 используется в том случае, если ведётся регистрация анодного эффекта в минутах на ванно-сутки, что соответствует практике предприятий по производству первичного алюминия ОК РУСАЛ.

Угловой коэффициент. Угловой коэффициент равен количеству кг CF_4 на тонну продукции алюминия, делённому на количество минут анодного эффекта на ванно-сутки[22]. Поскольку выбросы ПФУ измеряют по отношению к тонне продукции алюминия, то уравнение включает влияние силы тока на ванну и коэффициент полезного действия тока – два основных фактора, определяющих количество алюминия, производимого в ванне. Уравнение 4.24 описывает метод с угловым коэффициентом для выбросов CF_4 и C_2F_6.

Уравнение 4.24

Выбросы ПФУ с использованием углового коэффициента – методы уровня 2 и 3

$$E_{CF_4} = S_{CF_4} \bullet AEM \bullet MP$$

и

$$E_{C_2F_6} = E_{CF_4} \bullet F_{C_2F_6/CF_4}$$

где:

E_{CF_4} = выбросы CF_4 от производства алюминия, кг CF_4;

$E_{C_2F_6}$ = выбросы C_2F_6 от производства алюминия, кг C_2F_6;

S_{CF_4} = угловой коэффициент для CF_4, (кг CF_4/тонну Al) / (минуты анодного эффекта / ванно-сутки);

AEM = минуты анодного эффекта на ванно-сутки, (минуты анодного эффекта /ванно-сутки);

MP = производство металла, тонны Al;

$F_{C_2F_6/CF_4}$ = весовая доля C_2F_6/CF_4, кг C_2F_6/кг CF_4.

[22] *Термин «ванно-сутки» означает число работающих ванн, умноженное на количество рабочих дней.*

4.4.2.4 Выбор коэффициентов выбросов для ПФУ

Метод уровня 1: расчет на основании коэффициентов выбросов по умолчанию для отдельных технологий

Коэффициенты выбросов МГЭИК по умолчанию для метода уровня 1 и диапазоны неопределенностей для этих коэффициентов выбросов представлены в таблице 4.15 ниже. В таблице 4.16 представлены национальные коэффициенты выбросов для метода уровня 1и соответствующие им неопределенности. Эти коэффициенты выбросов рассчитывались на основании методики уровня 2 для всех заводов по производству первичного алюминия на территории Российской Федерации и представляют собой среднее значение коэффициентов выбросов для каждой технологии за последние 4 года. Использование национальных коэффициентов выбросов является предпочтительным, так как они учитывают технологические условия производства первичного алюминия в настоящее время в Российской Федерации. За период с 1990 г. коэффициенты выбросов ПФУ снизились более чем на 80%.

Таблица 4.15 – Коэффициенты выбросов МГЭИК по умолчанию и диапазоны неопределённости для расчёта выбросов ПФУ от производства алюминия по различным технологиям – метод уровня 1

Технология	CF_4		C_2F_6	
	EF_{CF_4}(кг/тонну Al)	Диапазон неопределённости (%)	$EF_{C_2F_6}$ (кг/тонну A1)	Диапазон неопределённости (%)
CWPB (PFPB)	0,4	-99/+380	0,04	-99/+380
SWPB	1,6	-40/+150	0,4	-40/+150
VSS	0,8	-70/+260	0,04	-70/+260
HSS	0,4	-80/+180	0,03	-80/+180
Источник: Межправительственная, 2006 *Примечание: эти коэффициенты выбросов по умолчанию следует использовать только при отсутствии данных для метода уровня 2*				

Таблица 4.16 – Национальные коэффициенты выбросов, рассчитанные для 2012 г., и неопределённости коэффициентов выбросов для расчёта выбросов ПФУ от производства алюминия по различным технологиям – метод уровня 1

Технология	CF_4		C_2F_6	
	EF_{CF_4}(кг/тонну Al)	Неопределённость (%)	$EF_{C_2F_6}$(кг/тонну A1)	Неопределённость (%)
CWPB (PFPB)	0,026	30	0,0031	45
SWPB	0,235	30	0,0592	35
VSS	0,129	40	0,0069	45
HSS	0,115	50	0,0097	70
Источник: Российская, 2006 –				

Метод уровня 2: коэффициенты выбросов ПФУ, основанный на взаимосвязи анодного эффекта и выбросов ПФУ

Метод уровня 2 основан на использовании углового коэффициента для конкретной технологии производства алюминия, см. таблицу 4.17. Эти угловые коэффициенты были получены путём измерения выбросов ПФУ и корреляции измеренных выбросов ПФУ с

минутами анодного эффекта на ванно-сутки на более чем ста предприятиях по выпуску алюминия. Значения в таблице 4.17 представляют коэффициенты для отдельных технологий, полученные на основании измерений, которые были известны в марте 2005 года, на момент создания руководства МГЭИК. Эффективная практика состоит в использовании самых последних данных для расчёта выбросов ПФУ.

Метод уровня 3

Выбор коэффициентов выбросов для метода уровня 3 обсуждается в Руководящих принципах МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

Таблица 4.17 – Угловые коэффициенты для расчёта выбросов ПФУ от производства алюминия по различным технологиям – метод уровня 2

Технология[a]	Угловой коэффициент [(кг ПФУ/тонну Al)/(минуты анодного эффекта/ванно-день)]		Весовое отношение C_2F_6/CF_4	
	CF_4	Неопределенность (%)	C_2F_6/CF_4	Неопределенность (%)
CWPB (PFPB)	0,143	6	0,121	11
SWPB	0,272	15	0,252	23
VSS	0,092	17	0,053	15
HSS	0,099	44	0,085	48

[a] *Центральное предварительное спекание (CWPB) боковое предварительное спекание (SWPB), вертикальный метод Стада Содерберга (VSS) и горизонтальный метод Стада Содерберга (HSS).*

4.4.2.5 Выбор данных о деятельности

Для применения методов уровня 1 по выбросам CO_2 и ПФУ необходимо собрать статистику производства первичного алюминия по технологиям со всех предприятий региона. Статистика производства первичного алюминия отсутствует в органах Росстата, поэтому обращаться надо непосредственно на предприятия или в ОК РУСАЛ.

В эффективной практике для оценки выбросов ПФУ необходимы точные данные о минутах анодного эффекта на ванно-сутки. Ежегодная статистика должна быть основана на средневзвешенных данных (в пересчёте на объём продукции). Эти данные тоже можно получить только на предприятии-производителе или в ОК РУСАЛ. ОК РУСАЛ является единственной компанией – производителем первичного алюминия в Российской Федерации.

Все алюминиевые компании собирают данные, которые пригодны для оценки выбросов CO_2 по методам уровня 2. Заводы, работающие по технологии Содерберга, собирают данные о потреблении анодной массы, а заводы, использующие технологию предварительного обжига, регистрируют данные о потреблении обожжённых анодов.

4.4.2.6 Полнота

Предприятия по выпуску первичного алюминия обычно ведут тщательный учёт выпуска алюминия в течение всего временного ряда кадастра. Кроме того, данные о потреблении углерода, как правило, также известны для этого периода. Данные об анодном эффекте могут быть известны не для всего временного ряда. Производство

первичного алюминия требует большого количества электроэнергии, поэтому следует быть внимательным, чтобы не допустить пропуска диоксида углерода, связанного с затратами электроэнергии, а также двойного учета этого диоксида углерода.

4.4.3 Оценка неопределённостей

Неопределённость оценки выбросов ПФУ значительно отличается для методов уровня 1, 2 и 3. Разница в неопределённости, возникающая при выборе метода оценки выбросов CO_2, намного ниже, чем для выбросов ПФУ. Различия в выбросах от производства алюминия между странами и регионами могут быть обусловлены только различиями в типах применяемых технологий и рабочей практиких. Эти различия учтены в методах расчёта, описанных выше.

4.4.3.1 Неопределённости коэффициентов выбросов

Неопределённость коэффициентов выбросов для расчёта выбросов CO_2 от углерода анода или анодной массы должна составлять менее ±5% для метода уровня 2 и 3 и менее ±10% для метода уровня 1. Реакции, приводящие к выбросам CO_2, хорошо изучены; выбросы напрямую связаны с объёмами производства алюминия через фундаментальные электрохимические уравнения восстановления алюминия на углеродном аноде и окисления в термических процессах. Можно добиться улучшения точности инвентаризации выбросов CO_2 путём перехода от метода уровня 1 к уровню 2, поскольку предприятия используют разные способы восстановления и потребления углеродных анодных материалов. При переходе от уровня 2 к уровню 3 можно ожидать повышение точности в меньшей степени.

Сравнение неопределённостей в инвентаризации выбросов ПФУ для методов уровня 1, 2 и 3 показывает, что наименьшая неопределённость характерна для методов уровня 2 и 3 по сравнению с уровнем 1. Высокая неопределённость уровня 1 является прямым результатом высокой изменчивости в показателях анодного эффекта среди предприятий, использующих одинаковую технологию производства. Метод уровня 1 основан на использовании одного коэффициента по умолчанию для всех предприятий с одинаковой технологией. Поскольку показатели анодного эффекта (частота и длительность) различных предприятий с одинаковой технологией могут различаться в 10 раз, то использование метода уровня 1 может давать неопределённости такого же масштаба. Неопределённость меняется меньше для метода уровня 3 по сравнению с уровнем 2; однако уровень снижения неопределённости зависит от типа технологии. Неопределённость для усреднённых угловых коэффициентов по отрасли меняется от +/-6% для CWPB (самая широко распространённая и исследованная технология) до +/-44% для HSS. Методы уровня 2 и 3 основаны на прямых измерениях ПФУ, которые показывают корреляцию между показателями анодного эффекта и удельными выбросами ПФУ. Метод уровня 2 использует среднеотраслевой коэффициент уравнения, а метод уровня 3 использует заводской коэффициент, полученный путём прямого измерения ПФУ на предприятии. По мере увеличения количества измерений, особенно на предприятиях,

работающих по технологии Содерберга, неопределённость усреднённых коэффициентов будет уменьшаться.

4.4.3.2 Неопределённости данных о деятельности

Показатели годового производства алюминия характеризуется очень низкой неопределённостью – менее 1%. Неопределённость потребления углерода в виде обожжённых анодов или кокса и в виде анодной массы лишь немного выше неопределённости для производства алюминия – менее 2%. Другим компонентом расчёта заводских выбросов по методам уровня 2 и 3 являются данные о деятельности для анодного эффекта, т.е. минуты анодного эффекта на ванно-сутки или перенапряжение анодного эффекта. Эти параметры обычно регистрируются в памяти автоматизированной системы управления технологическими процессами, что является неотъемлемой частью работы почти всех алюминиевых предприятий, поэтому неопределённость таких данных низкая.

4.5 ПРОИЗВОДСТВО МАГНИЯ

4.5.1 Введение

Производство магния является потенциальным источником выбросов парниковых газов. Количество и тип выбросов от магниевой отрасли зависит от исходных материалов, используемых для производства первичного магния, и/или типа защитной газовой смеси, используемой для защиты расплавленного магния от окисления на литейных заводах и заводах по переплавке вторичного металла. По правилам эффективной практики все сегменты магниевой промышленности и связанные с ними выбросы рассматривают по возможности отдельно. Список возможных выбросов парниковых газов, которые связаны с первичным и вторичным производством и литьём магния, представлен в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Потенциальные выбросы парниковых газов, связанные с производством и переработкой магния

Процесс	Потенциальные выбросы парниковых газов, связанные с промышленными процессами			
	SF_6	ГФУ	CO_2	Прочие *
Подготовка сырья для первичного производства				
На основе доломита/магнезита	–	–	X	–
Другие сырьевые материалы	–	–	–	–
Литьё (первичного и вторичного магния)				
Первичное литьё слитков	X	X	X	X
Литьё под давлением	X	X	X	X
Литьё без применения давления	X	X	X	X
Другие способы литья	X	X	X	X
Производство вторичного магния**	X	X	X	X

** «Прочие» включают фторированные кетоны и различные фторсодержащие продукты разложения, например, ПФУ.*

*** В том числе процессы, включающие вторичное использование/извлечение магния.*

Первичным магнием называется металлический магний, получаемый из минеральных источников. Первичный магний можно получить либо электролизом, либо в процессе термического восстановления. Сырьевые материалы, используемые для производства первичного магния, включают доломит, карналлит, серпентинит, минерализованную воду или морскую воду. Переработка карбонатного сырья (магнезита и доломита) сопровождается выделением CO_2. CO_2 выделяется на стадии кальцинирования карбонатных руд (доломит/магнезит), которая предшествует стадии электролитического/термического восстановления. Этот процесс аналогичен образованию CO_2 при производстве минеральных материалов (см. главу 2).

Вторичное производство магния включает извлечение и вторичное использование металлического магния из различных магнийсодержащих отходов, таких как отработанные детали, отходы механической резки, литейный лом, печные остатки и т. д. Магний можно лить из первичного и вторичного магния. Процессы литья магния включают работу с расплавом чистого магния и/или расплавом высокомагниевых сплавов. Расплав магния (а также высокомагниевые сплавы) можно лить различными способами, включая литьё без применения давления, литье в песчаные формы, литьё под давлением и другие виды литья.

В присутствии атмосферного кислорода весь расплав магния самопроизвольно возгорается. Для производства и литья металлического магния требуется система защиты от возгорания. Среди разнообразных систем защиты широкое распространение получили системы с газообразными компонентами с высокими ПГП (например, SF_6). Эти газообразные компоненты обычно выбрасываются в атмосферу. Литьё магния, независимо от типа процесса или источника магния, требует применения защитных методов и поэтому является потенциальным источником выбросов парниковых газов.

При производстве вторичного магния (рециклинге), переработке, плавке и литье расплавленный металл защищают от окисления в течение всего процесса с помощью защитных систем, содержащих газ-носитель (обычно воздух/или CO_2) и защитный газ – SF_6 или SO_2 или, в некоторых случаях, флюс. Высокомагниевые сплавы обычно защищают газом, содержащим SF_6. Благодаря последним технологическим разработкам и курсу на замену SF_6, в магниевой отрасли стали внедряться другие защитные газы. По прогнозам в следующем десятилетии SF_6 иметь будут две основные альтернативы – фторированный углеводород ГФУ-134а и фторированный кетон FK 5-1-12 ($C_3F_7C(O)C_2F_5$), продаваемый под названием Novec™612[23], и выбор защитного газа производителями/переработчиками магния будет определяться национальными/региональными условиями.

Выбросы CO_2 от первичного производства

Как указано в таблице 4.18, магнийсодержащие руды, выделяющие CO_2 при кальцинировании – это доломит ($Mg.Ca(CO_3)_2$) и магнезит ($MgCO_3$). На каждый кило-

[23] *FK 5-1-12 ($C_3F_7C(O)C_2F_5$), продаваемый под названием Novec™612, представляет собой фторированный кетон и производится компанией 3M.*

грамм продукции магния при кальцинировании теоретически выделяется 3,62 кг CO_2[24] из доломита или 1,81 кг CO_2 из магнезита соответственно. Фактические выбросы CO_2 на килограмм продукции магния будут выше теоретических благодаря потере магния в производственной цепи.

Процессы литья магния (первичного и вторичного)

Для процесса литья магния количество и тип выбросов ПГ будет зависеть от газовой защиты жидкого магния. Помимо выбросов действующих защитных веществ (SF_6, HFC-134a или FK 5-1-12) в составе защитного газа, могут иметь место выбросы различных фторированных продукции разложения (например, ПФУ) и, потенциально, газа-носителя (в зависимости от выбора – воздух и/или CO_2 или N_2).

Считается, что SF_6 в составе защитного газа для магния является инертным веществом и, следовательно, весь SF_6, используемый в магниевой промышленности, улетает в атмосферу. Однако в последних независимых исследованиях было показано, что SF_6 в некоторой степени разрушается при контакте с жидким магнием/парами магния при обычных температурах хранения/переработки магния. Доля SF_6, разрушаемая в печи, а также тип/количество вторичных газовых продукции реакции с магнием будет зависеть от условий производства, таких как концентрация SF_6 в защитном газе, скорость потока защитного газа, площадь реакционной поверхности магния, тип газа-носителя, условия загрузки печи и т.д.

HFC-134a и FK 5-1-12 – менее термодинамически стабильные соединения, чем SF_6. Поэтому ожидается, что эти газы будут активно разлагаться/реагировать при контакте с жидким магнием/парами магния, образуя различные фторированные газы (например, ПФУ). Было показано, что, как и в случае SF_6, количество действующего вещества в питающем защитном газе, разрушаемое в печи, зависит от таких условий, как концентрация соединения в питающем защитном газе, скорость потока защитного газа, площадь реакционной поверхности магния, тип газа-носителя, практика загрузки материалов и т.д. Следует отметить, что выбросы ПФУ как продукции разложения в пересчёте на CO_2 эквивалент будут более значительные, чем выбросы FK 5-1-12, судя по их относительному радиационному эффекту[25].

Многие защитные газовые смеси включают CO_2 в качестве газа-носителя или CO_2 в сочетании с сухим воздухом с целью разбавления действующего фторированного вещества и снижения парциального давления кислорода в печи. Считается, что весь CO_2, используемый в составе защитного газа, улетает в атмосферу в виде CO_2. Защитный газ с CO_2 используется в намного меньшем количестве, чем обычные действующие агенты в защитной газовой смеси и в целом им можно пренебречь.

---

[24] *Эти цифры соответствуют стехиометрическому соотношению Mg/Ca равному 1.*

[25] *ПГП для FK 5-1-12 не определён в IPCC Third Assessment Report (IPCC, 2001), но, по информации от производителя этого газа, он такой же, как у CO_2.*

4.5.2 Вопросы методологии

4.5.2.1 Выбор метода

Выбросы CO_2 от первичного производства

Выбор метода эффективной практики для подготовки кадастра выбросов CO_2 от производства первичного магния (из исходного сырья) зависит от национальных и региональных условий. В Российской Федерации в настоящее время производство первичного магния осуществляется двумя предприятиями – «ВСМПО-АВИСМА» и «Соликамским магниевым заводом». Оба предприятия используют карналлит в качестве сырья. Поэтому выбросы CO_2 от производства первичного магния в настоящее время в стране отсутствуют.

Метод уровня 1

В методе уровня 1 используются данные о первичном производстве и сырьевых материалах, применяемых в производстве первичного магния.

Выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению 4.25.

Уравнение 4.25

Выбросы CO_2 от производства первичного магния – уровень 1

$$E_{CO_2} = (P_d \bullet EF_d + P_{mg} \bullet EF_{mg})$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от производства первичного магния, тонны;

P_D = национальное производство первичного магния из доломита, тонны;

P_{MG} = национальное производство первичного магния из магнезита, тонны;

EF_D = коэффициент выбросов по умолчанию для выбросов CO_2 от производства магния из доломита, тонны CO_2/тонну продукции первичного Mg;

EF_{MG} = коэффициент выбросов по умолчанию для выбросов CO_2 от производства магния из магнезита, тонны CO_2/тонну продукции первичного Mg.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 для определения выбросов CO_2 от первичного магния включает сбор эмпирических коэффициентов выбросов для конкретных компаний/заводов. Коэффициенты выбросов компаний могут отличаться от коэффициентов выбросов по умолчанию в зависимости от условий переработки сырьевых материалов. Такой сбор данных требуется в том случае, если выбросы относятся к ключевой категории. Выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению 4.26.

Уравнение 4.26

Выбросы CO_2 от производства первичного магния – уровень 2

$$E_{CO_2} = \sum_i (P_i \bullet EF_i)$$

где: E_{CO_2} = выбросы CO_2 от производства первичного магния;

P_i = производство первичного магния на заводе i, тонны;

EF_i = коэффициент выбросов CO_2 от производства первичного магния для компании/завода i, тонны CO_2/тонну продукции первичного Mg.

Процессы литья магния (первичного и вторичного) SF_6

Выбор метода эффективной практики для подготовки кадастра выбросов SF_6 от литья магния также зависит от национальных и региональных условий.

Метод уровня 1 – коэффициенты выбросов по умолчанию

В методе уровня 1 используется общее количество магния, которое льют или перерабатывают в регионе (уравнение 4.27). Основным допущением метода уровня 1 является предположение о том, что всё потребление SF_6 в магниевой отрасли улетает в атмосферу в виде SF_6. Это допущение может приводить к завышенной оценке выбросов ПГ, но эта завышенная оценка будет в пределах общего диапазона неопределённости, указанного в разделе 4.5.3. В базовом методе уровня 1 берётся одно значение коэффициента выбросов по умолчанию, если SF_6 применяется для защиты от окисления, без учёта того, что потребление SF_6 сильно меняется для различных технологий и операторов литья (иногда на порядки величины). Метод уровня 1 следует применять только в том случае, если не известен тип операций по переработке или литью магния (повторное использование, литьё слитков или литьё в формы под давлением и т.д.)

Уравнение 4.27

Выбросы SF_6 от производства первичного магния – уровень 1

$$E_{SF_6} = MG_c \bullet EF_{SF_6}$$

где:

E_{SF_6} = выбросы SF_6 от литья магния, кг;

MG_c = общее количество магния, которое льют или перерабатывают в регионе, тонны;

EF_{SF_6} = коэффициент выбросов SF_6 по умолчанию от литья магния, кг SF_6/тонну отлитого Mg.

Метод уровня 2 – потребление SF_6 на уровне предприятия

В методе уровня 2 (также как в методе уровня 1) принимается допущение о том, что весть потреблённый SF_6 впоследствии выбрасывается в атмосферу. Однако в методе уровня 2 вместо количества магниевого литья используются данные о потреблении SF_6 в магниевой промышленности согласно промышленным отчётам или другим источникам. (уравнение 4.28).

Наиболее точное применение этого метода состоит в сборе прямых данных о потреблении SF_6 от всех индивидуальных потребителей этого газа в магниевой промышленности.

Уравнение 4.28

Выбросы SF_6 от литья магния – уровень 2

$$E_{SF_6} = C_{SF_6}$$

где:

E_{SF_6} = выбросы SF_6 от литья магния, кг;

C_{SF_6}= потребление SF_6 предприятиями по выплавке и литью магния, кг.

Метод уровня 3 – прямое измерение

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

HFC-134a, FK 5-1-12 и продукты разложения (например, ПФУ)

В разделе 4.5.1 отмечается, что промышленное применение фторированных соединений (помимо SF_6) для защиты магния от окисления началось в 2003-2004 годах. Защита магния с помощью этих соединений ещё очень мало распространена в промышленности. Только у отдельных заводов имеются ограниченные исторические данные о фактических выбросах этих других фторированных соединений. В промышленности в целом понимают, что объём использования этих альтернативных газов будет ниже, чем использование SF_6. Сегодня нет данных о деятельности необходимых для определения коэффициентов выбросов для них, поэтому в настоящее время невозможно разработать метод учета выбросов, основанный на коэффициентах выбросов (уровень 1 или 2).

Газы-носители

Диоксид углерода как газ-носитель, используемый в смеси с защитным газом, обычно даёт небольшой вклад в потенциал глобального потепления. В целом этими выбросами можно пренебречь.

4.5.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Выбросы CO_2 от первичного производства

Метод уровня 1 – коэффициенты выбросов по умолчанию

Как уже отмечалось, в методе уровня 1 выбросы рассчитывают исходя из коэффициентов выбросов по умолчанию, умноженных на производство первичного магния в регионе. Коэффициенты выбросов по умолчанию (таблица 4.19) учитывают тип используемого материала и базовые стехиометрические отношения, которые были уточнены в соответствии с эмпирическими данными для потерь в конкретных промышленных процессах. Получаемые в результате выбросы CO_2 на тонну продукции магния намного выше теоретического значения, указанного в разделе 4.5.1.

Метод уровня 2 – коэффициенты выбросов специфичные для страны/предприятия

Метод уровня 2 для определения выбросов CO_2 от производства первичного магния включает сбор эмпирических коэффициентов выбросов для конкретных компаний/заводов. Коэффициенты выбросов компаний могут отличаться от коэффициентов выбросов по умолчанию в зависимости от условий переработки сырьевых материалов. Такой сбор данных требуется в том случае, если эти выбросы относятся к ключевой категории.

Таблица 4.19 – Коэффициенты выбросов для производства первичного Mg из различных видов сырья

Сырьевой материал	тонны CO_2/тонну продукции первичного Mg
Доломит	5,13
Магнезит	2,83

Процессы литья магния (первичного и вторичного)

Метод уровня 1 – коэффициенты выбросов по умолчанию

Основным допущением метода уровня 1 является предположение о том, что весь SF_6, потреблённый в магниевой отрасли, улетает в атмосферу в виде SF_6, хотя, согласно разделу 4.5.1, это допущение может приводить к завышению оценки выбросов ПГ. Метод уровня 1 также предполагает, что тип операций по переработке или литью магния не известен. Для рекомендованных условий литья в формы под давлением норма потребления составляет около 1 кг SF_6 на тонну продукции или расплава магния. Несмотря на то, что потребление SF_6 сильно меняется для различных технологий литья и операторов литья (иногда на порядки величины), в основном методе уровня 1 это значение берётся за основу для расчёта выбросов в том случае, если SF_6 используется для защиты от окисления.

Метод уровня 2 – потребление SF_6 на уровне компаний

В методе уровня 2, также как в методе уровня 1, основополагающим принципом является предположение о том, что весь потреблённый SF_6 выбрасывается в атмосферу. Однако, в методе уровня 2 данные о потреблении SF_6 в магниевой промышленности получают от промышленных предприятий/компаний. Наиболее точное применение этого метода состоит в сборе прямых данных о потреблении SF_6 от всех индивидуальных потребителей этого газа в магниевой промышленности.

Таблица 4.20 – Выбросы SF_6 от процессов литья магния – уровень 1

Технология литья	кг SF_6 на тонну литья Mg
Все процессы литья	1,0

HFC-134a, FK 5-1-12 и продукты разложения (например, ПФУ)

Выше уже говорилось о том, что имеется недостаточно данных для расчёта коэффициентов выбросов.

Газы-носители

В этой главе уже было отмечено, что диоксид углерода как газ-носитель, используемый в смеси с защитным газом, обычно даёт небольшой вклад в потенциал глобального потепления. В целом этими выбросами можно пренебречь.

4.5.2.3 Выбор данных о деятельности

Выбросы CO_2 от первичного производства

В методе уровня 1 используются данные о первичном производстве и типах сырьевых материалов. В настоящее время в Российской Федерации производство первичного магния осуществляется двумя предприятиями – «ВСМПО-АВИСМА» и «Соликамским магниевым заводом». Оба предприятия используют карналлит в качестве сырья. Поэтому выбросы CO_2 от производства первичного магния в настоящее время в стране отсутствуют.

Процессы литья магния (первичного и вторичного)

Для метода уровня 1 эффективная практика предусматривает разгруппирование данных о литье первичного и вторичного магния на сегменты, использующие SF_6 в качестве защитного газа, и применение коэффициента выбросов по умолчанию к объемам производства магния в каждом сегменте. Росстат не публикует данные об объемах производства цветных металлов и тем более об использовании SF_6 при их производстве, поэтому данные о производстве первичного и вторичного магния, использовании SF_6 в качестве защитного газа можно получить только в промышленных компаниях или на предприятиях, осуществляющих литье магния.

Для метода уровня 2 данными о деятельности является общее потребление SF_6 на всех заводах-производителях первичного и вторичного магния. Если не все предприятия напрямую сообщают об объемах потребления SF_6, то по правилам эффективной практики необходимо оценить долю производства для компаний с известным потреблением SF_6. Выбросы от остальных заводов в эффективной практике оценивают на основании объёмов производства.

4.5.2.4 Полнота

В Российской Федерации в настоящее время имеется 2 производителя первичного магния. Оба производителя не используют доломит и магнезит в качестве сырья для производства первичного магния.

В литейной промышленности (вторичный магний) могут присутствовать предприятия разной мощности, которые используют различные технологии. Полнота учета всех предприятий, выпускающих вторичный магний, может вырасти в большую проблему. По правилам эффективной практики следует периодически исследовать эту промышленность и устанавливать тесные связи с промышленными компаниями и предприятиями с целью проверки полноты оценок.

4.5.3 Оценка неопределённостей

Выбросы CO_2 от первичного производства

Заводы должны иметь информацию о типе/составе используемого сырья, а также об объёмах производства магния. Данные о деятельности, которые были получены непосредственно от заводов, обычно имеют точность в пределах 5%.

Процессы литья магния (первичного и вторичного)

В методе уровня 1 неопределённость вносят группирование продукции от различных вторичных сегментов и использование коэффициентов выбросов по умолчанию. Метод по умолчанию даёт очень грубое приближение к фактическим выбросам. Поскольку при различных операциях переработки и литья могут использоваться концентрации SF_6 в защитном газе, которые отличаются на порядки величины, то неопределённости метода уровня 1 могут также меняться на порядки величины. Для методов уровня 1 и 2 существует также некоторая неопределённость, связанная с предположением, что 100% используемого SF_6 выбрасывается в атмосферу. В типичных операциях литья неопределённость этого предположения должна быть в пределах 30%. Для метода уровня 2 неопределённость, связанная с использованием SF_6, очень невелика на уровне завода, поскольку количество SF_6 можно легко и точно измерить на основании объёмов закупки. (Неопределённость оценки менее 5% обычно характерна для данных, получаемых напрямую от заводов).

4.6 ПРОИЗВОДСТВО СВИНЦА

4.6.1 Введение

Способы первичного производства

Существует два способа первичного производства слитков сырого свинца из свинцовых концентратов. Первый способ – спекание/плавка, которая состоит из последовательного спекания и плавки и составляет около 78% производства первичного свинца. Второй способ – прямая плавка, без стадии спекания – составляет остальные 22% производства первичного свинца в развитых странах.

В процессе спекания/плавки, на первой стадии спекания происходит смешивание свинцовых концентратов с рециклированным агломератом, известняком и кремнезёмом, кислородом и высокосвинцовым шлаком с целью удаления серы и летучих металлов сжиганием. Этот процесс (в котором получают агломерат, состоящий из оксида свинца и оксидов других металлов) сопровождается выбросами диоксида серы (SO_2) и энергетического диоксида углерода (CO_2) от природного газа, используемого для прокаливания оксидов свинца. Агломерат затем помещают в доменную печь вместе с рудами, содержащими другие металлы, и доменным коксом. Кокс сгорает в реакции с воздухом с образованием монооксида углерода (CO), который и восстанавливает оксид свинца. Плавку свинца производят либо в традиционной доменной печи, либо в так называемой печи Империал Смелтинг (Imperial Smelting). Процесс плавки свинца представляет собой реакцию восстановления оксида свинца с образованием выбросов CO_2.

В способе прямой плавки отсутствует стадия спекания, и концентраты свинца и другие материалы загружаются прямо в печь. Для прямой выплавки свинца используются различные типы печей. Ряд восстановителей, включая уголь, доменный кокс и природный газ, используются в различных печах в разных количествах, поэтому выбросы CO_2 различаются для каждого типа печи. Процесс прямой плавки даёт большие экологические и потенциальные экономические преимущества за счёт отсутствия ста-

дии спекания, и поэтому по прогнозам доля этого процесса будет расти в общем производстве первичного свинца.

Процесс вторичного производства

Вторичное производство очищенного свинца равно объему переработки свинцового лома с целью подготовки к повторному использованию. Подавляющая часть такого свинцового лома берется из отработанных свинцовых аккумуляторов. Свинцовые аккумуляторы либо разбивают в молотковой дробилке и плавят с применением или без применения десульфуризации, либо плавят целиком, без предварительного дробления. Для плавки аккумуляторов и другого вторичного свинцового скрапа можно использовать традиционные печи, печи Империал Смелтинг, электродуговые и другие печи. Также как для печей, используемых для выплавки первичного сырого свинца, эти печи дают разные уровни выбросов CO_2 от применения различных типов и количеств восстановителей. Основными восстановителями являются уголь, природный газ и доменный кокс; в электропечах сопротивления используется также нефтяной кокс.

4.6.2 Вопросы методологии

4.6.2.1 Выбор метода

Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий. В методе уровня 1 выбросы рассчитывают исходя из коэффициентов выбросов по умолчанию и объемов производства свинца в регионе; этот метод наименее точный. Этот метод приемлем только в том случае, если производство свинца не относится к ключевой категории. В методе уровня 2 данные о количестве материалов, перерабатываемых в процессе первичного и вторичного производства, умножают на соответствующее углеродное содержание материалов.

Метод уровня 1

Самый простой метод расчёта состоит в умножении коэффициентов выбросов по умолчанию на количество произведенного свинца. Если известны только данные статистики об объемах производства свинца, то в эффективной практике используют коэффициенты по умолчанию. Уравнение 4.28 предназначено для расчёта выбросов CO_2 от производства свинца путём сложения выбросов по различным способам производства и выбросов от предварительной обработки вторичного сырья. Если невозможно разграничить данные по способам производства, то используют коэффициент выбросов по умолчанию. Коэффициент выбросов по умолчанию подразумевает, что 80% производства (первичного и вторичного) приходится на печи Империал Смелтинг или доменные печи, а остальные 20% – на способ прямой плавки. Это предположение согласуется с данными о мировом производстве свинца.

Уравнение 4.29

Выбросы CO_2 от производства свинца

$$E_{CO_2} = DS \bullet EF_{DS} + ISF \bullet EF_{ISF} + S \bullet EF_S$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от производства свинца, тонны;

DS = количество свинца, полученного по способу прямой плавки, тонны;

EF_{DS} = коэффициент выбросов для прямой плавки, тонны CO_2/тонну продукции свинца;

ISF = количество свинца, полученного по способу плавки Империал Смелтинг, тонны;

EF_{ISF} = коэффициент выбросов для печи Империал Смелтинг, тонны CO_2/тонну продукции свинца;

S = количество свинца, полученного из вторичных материалов, тонны;

EF_S = коэффициент выбросов для вторичных материалов, тонны CO_2/тонну продукции свинца.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 учитывает сильную зависимость выбросов CO_2 при производстве свинца от способа производства и источника сырья (либо вторичные источники, такие как отработанные аккумуляторы, либо первичный свинец из руды). Вторичные источники свинца могут подвергаться предварительной обработке с целью удаления примесей, которая сопровождается выбросами CO_2. Выбросы можно рассчитать с использованием коэффициентов выбросов, которые зависят от применяемых восстановителей и других технологических материалов. Коэффициенты можно вывести на основании углеродного содержания этих материалов. В таблице 4.22 представлены значения углеродного содержания, которые можно использовать для вывода коэффициентов специфичных для региона или предприятия. Данные по использованию восстановителей и других технологических материалов можно получить на предприятиях и в компаниях по выпуску свинца. Уровень 2 точнее, чем уровень 1, поскольку он учитывает специфику производства, характерную для конкретного предприятия или региона.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

4.6.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

Если известны только данные статистики об объемах производства свинца, то в эффективной практике используют коэффициент по умолчанию 0,52 тонны CO_2/тонну свинца (Sjardin 2003). Это значение по умолчанию следует применять только при отсутствии информации о количествах свинца, произведённого из первичных и вторичных материалов. Если информация имеется, то выбросы рассчитывают с использованием соответствующих коэффициентов из таблицы 4.22. Неопределённость коэффициента по умолчанию высокая и меняется в зависимости от соотношения продукции, произведённой различными способами, и от процента вторичной переработки. Коэффициент выбросов по умолчанию учитывает тот факт, что 80% мирового производства свинца (первичного и вторичного) приходится на печи Империал Смелтинг, а остальные 20% – на способ прямой плавки.

Таблица 4.21 – Коэффициенты выбросов CO_2 от производства свинца по видам сырья и типам печей (тонны CO_2/тонну продукции)

От производства в печи Империал Смелтинг (ИС)	От производства способом прямой плавки (ПП)	От переработки вторичного сырья	Коэффициент выбросов по умолчанию (80% ИС, 20% ПП)
0,59	0,25	0,2	0,52
Источник: *Межправительственная, 2006*			

Метод уровня 2

Этот метод даёт возможность скорректировать коэффициенты выбросов по умолчанию с учётом заводских данных об объемах использования восстановителей и технологических материалов. Значения углеродного содержания по умолчанию из таблицы 4.22 следует использовать в том случае, если составители кадастра не имеют соответствующей информации на уровне предприятия по выпуску свинца, но имеют детальную информацию об объемах использования технологических материалов при производстве свинца. Значения по умолчанию в таблице 4.22 соответствуют значениям по умолчанию из сектора «Энергетика».

Таблица 4.22 – Углеродное содержание материалов, используемых при производстве свинца (кг углерода/кг)

Технологические материалы	Углеродное содержание
Доменный газ	0,17
Древесный уголь	0,91
Уголь	0,67
Каменноугольный деготь	0,62
Кокс	0,83
Газ из камерных печей	0,47
Коксующийся уголь	0,73
Углеродные электроды ЭДП	0,82
Углерод шихты ЭДП	0,83
Топливное масло	0,86
Газовый кокс	0,83
Природный газ	0,73
Нефтяной кокс	0,87
Источник: *Межправительственная, 2006*	

4.6.2.3.Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 требуется информация только об объёмах производства свинца в регионе и, по возможности, о количествах, производимых в различных типах печей. Эти данные можно получить в промышленных компаниях или на предприятиях-производителях свинца. Эти количества продукции в тоннах следует умножить на

соответствующий коэффициент выбросов из таблицы 4.21 для оценки выбросов CO_2 от этого сектора или на коэффициент по умолчанию, если типы печей не известны.

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать только общее количество восстановителей и других технологических материалов, используемых для производства свинца. Эти данные также можно получить в промышленных компаниях или на предприятиях-производителях свинца. Эти количества затем умножают на соответствующие значения углеродного содержания из таблицы 4.22, суммируют и получают общее количество выбросов CO_2 от этого сектора. Если это не ключевая категория и общеотраслевые данные о восстановителях и технологических материалах не известны, то выбросы можно оценивать по методу уровня 1.

4.6.2.4 Полнота

При расчёте выбросов от этой категории источников существует опасность двойного учёта или пропуска либо в секторе ППИП, либо в секторе «Энергетика». Как правило, все выбросы от производства свинца следует учитывать в секторе ППИП.

4.6.3 Оценка неопределённостей

В таблице 4.23 показаны диапазоны неопределённости для коэффициентов выбросов и данных о деятельности.

Неопределённости коэффициентов выбросов

Коэффициенты выбросов по умолчанию, используемые в расчетах уровня 1, могут иметь неопределённость ± 50%. Считается, что значения углеродного содержания для уровня 2 будут иметь неопределённость ± 15%.

Неопределённости данных о деятельности

Данные о количестве выпускаемой продукции должны быть известны; их неопределённость предполагается на уровне ± 10 %. Для метода уровня 2 – неопределённость данных предприятия или промышленной компании о количестве восстановителей и других технологических материалов, используемых для производства свинца, по-видимому, будет в пределах 10%.

Таблица 4.23 – Диапазоны неопределённости

Метод	Источник данных	Диапазон неопределённости
Уровень 1	Данные о производстве Коэффициент выбросов по умолчанию Коэффициенты выбросов для отдельных способов производства	± 10% ± 50% ± 20%
Уровень 2	Количества и типы восстановителей Углеродное содержание технологических материалов	± 10% ± 15%
Уровень 3	Данные о технологических материалах, полученные от компаний Заводские измерения CO_2 Заводские коэффициенты выбросов	± 5% ± 5% ± 5%

4.7 ПРОИЗВОДСТВО ЦИНКА

4.7.1 Введение

Способы первичного производства

Имеется три разных способа производства первичного цинка. Первый способ – это металлургический процесс под названием «электротермическая дистилляция». Реакция восстановления в этом процессе сопровождается выбросами неэнергетического диоксида углерода (CO_2). Процесс электротермической дистилляции применяется в Соединённых Штатах и Японии. В Российской Федерации эта технология не используется.

Второй способ производства цинка представляет собой пирометаллургический процесс с использованием печи Империал Смелтинг, что позволяет одновременно перерабатывать свинцовые и цинковые концентраты. В результате процесса образуются свинец, цинк, и выбросы неэнергетического CO_2. Металлургический коксовый/угольный восстановитель в этом процессе должен быть отнесён к свинцовому и цинковому производству для того, чтобы не допустить двойного учёта. Массовое отношение, которое отражает такое отнесение, равно 0,74 тонн кокса/тонну цинка.

Третий способ производства цинка – электролитический процесс, который относится к гидрометаллургии. Этот способ используется на двух работающих в настоящее время российских производителях цинка: ОАО «Челябинский Цинковый Завод» и ОАО «Электроцинк». В этом способе цинковый концентрат обжигают и получают цинковый огарок, который затем подвергается выщелачиванию, в результате которого 80 – 86% цинка переходит в раствор для электролиза. Часть цинка(14 – 20%) остаётся в остатке от выщелачивания (цинковый кек), который направляется в вельц-цех. Цинковый кек смешивается с коксиком и нагревается в вельц-печи. Продуктом вельцевания является вельц-окись, которая содержит около 75% оксида цинка. Вельц-окись направляется на вышелачивание, а затем в цех электролиза. Затем цинк извлекают из раствора электролизом. Электролитический процесс не даёт неэнергетических выбросов CO_2. Однако неэнергетические выбросы CO_2 происходят в процессе вельцевания. Таким образом, выбросы связаны с 14 – 20%(по массе) производимого в этом процессе цинка. (Данные ОАО «Челябинский Цинковый Завод» http://www.zinc.ru/metallurgy/technology).

Процесс вторичного производства

Имеется более 40 гидрометаллургических и пирометаллургических технологий, которые можно использовать для получения металлического цинка из различных материалов. В каждой конкретной ситуации выбор метода зависит от источника цинка (количества примесей и концентрации цинка) и от назначения получаемого цинка. Процесс часто состоит из стадии концентрирования цинка (методом физического и/или химического разделения), спекания, плавки и рафинирования. В некоторых случаях высококачественный цинк получают после физического концентрирования и используют в других отраслях, включая производство чугуна и стали, производство латуни и литьё цинка под давлением, без последующих стадий переработки.

Стадии спекания, плавки и рафинирования – такие же как при производстве первичного цинка, поэтому считается, что обычные процессы плавки являются источниками выбросов CO_2, а стадии спекания и рафинирования не дают соответствующих неэнергетических выбросов CO_2. Если стадия концентрирования включает использование углеродсодержащего восстановителя и нагревание до высоких температур с целью выпаривания или возгонки цинка из сырьевых материалов, то процесс может давать неэнергетические выбросы CO_2. Плавление в вельц-печи и восстановление шлака или процессы возгонки – вот два способа концентрирования. Вельцевание, которое применяется для концентрирования цинка в колошниковой золе, шламе, шлаке и других цинксодержащих материалах, включает использование доменного кокса в качестве восстановителя. Однако восстановленный цинк вновь окисляется в ходе процесса, а доменный кокс также служит источником энергии для процесса. Восстановление шлака или процесс возгонки, который применяется только для концентрирования цинка из расплава шлака от плавки меди и цинка, включает использование угля или другого источника углерода в качестве восстановителя.

4.7.2 Вопросы методологии

4.7.2.1 Выбор метода

Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий.

В методе уровня 2 применяются национальные или региональные коэффициенты выбросов для первичного и вторичного производства. Метод уровня 1 очень простой и может давать ошибки, поскольку основан на допущениях, а не на фактических данных. В методе уровня 1 для расчета выбросов коэффициенты выбросов по умолчанию умножают на производство цинка в регионе. Этот метод следует применять, только если производство цинка не относится к ключевой категории.

Метод уровня 1

В самом простом методе оценки коэффициенты выбросов по умолчанию умножают на количества отдельных типов цинковой продукции (уравнение 4.30). Если известны только данные статистики о производстве цинка, то в эффективной практике используют коэффициенты по умолчанию. Если нет данных о материалах необходимых для расчёта выбросов по методу уровня 2, но известен тип процесса, то составители кадастра могут рассчитать выбросы по уравнению 4.31.

Уравнение 4.30

Выбросы CO_2 от производства цинка – уровень 1

$$E_{CO_2} = Zn \bullet EF_{\text{по умолчанию}}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от производства цинка, тонны;

Zn = количество произведённого цинка, тонны;

$EF_{по\ умолчанию}$ = коэффициент выбросов по умолчанию, тонны CO_2/тонну продукции цинка.

Уравнение 4.31

Выбросы CO_2 от производства цинка – уровень 1

$$E_{CO_2} = ET \bullet EF_{ET} + PM \bullet EF_{PM} + WK \bullet EF_{WK}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от производства цинка, тонны;

ET= количество цинка, полученного способом электротермической дистилляции, тонны;

EF_{ET} = коэффициент выбросов для электротермической дистилляции, тонны CO_2/тонну продукции цинка;

PM = количество цинка, произведённого в пирометаллургическом процессе (в печи Империал Смелтинг), тонны;

EF_{PM} = коэффициент выбросов для пирометаллургического процесса, тонны CO_2/тонну продукции цинка;

WK = количество цинка, произведённого в вельц-печи, тонны;

EF_{wk} = коэффициент выбросов для процесса вельц-печи, тонны CO_2/тонну продукции цинка.

Метод уровня 2

Выбросы можно рассчитать с использованием коэффициентов выбросов, которые рассчитаны на основании статистики по использованию восстановителей на отдельных заводах, типам печей и другим технологическим данным. Эти данные можно взять в промышленных компаниях или на предприятиях-производителях цинка. Уровень 2 точнее уровня 1, поскольку он учитывает не всю мировую практику, а то разнообразие материалов и технологий, которые используются в конкретном регионе.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

4.7.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

Коэффициенты выбросов по умолчанию для различных процессов производства цинка представлены в таблице 4.24.

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать национальный или региональный коэффициент выбросов, основанный на общем количестве восстановителей и других углеродсодержащих материалов, используемых для производства цинка. Эти коэффициенты выбросов можно рассчитать на основании суммы статистик отдельных заводов по количеству восстановителей, типам печей и другим технологическим материалам.

Таблица 4.24 – Выбросы CO_2 от производства цинка – уровень 1

Процесс	Коэффициент выбросов	Источник
Вельц-печь (тонны CO_2/тонну цинка)	3,66	Источник: *Межправительственная, 2006*
Пирометаллургический (печь Империал Смелтинг) (тонны CO_2/тонну цинка)	0,43	Источник: *Межправительственная, 2006*
Электротермический	Не известен	
Коэффициент по умолчанию (тонны CO_2/тонну цинка)	1,72	Коэффициент по умолчанию соответствует взвешенной доле известных коэффициентов выбросов (60% Империал Смелтинг, 40% Вельц-печь)

4.7.2.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 необходима информация только о производстве цинка в регионе и, по возможности, о типе процесса. Эти данные можно взять в промышленных компаниях или на предприятиях по выпуску цинка. Для расчёта выбросов CO_2 эти количества умножают на коэффициенты выбросов по умолчанию.

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать национальный коэффициент выбросов, основанный на общем количестве восстановителей и других углеродсодержащих материалов, используемых для производства цинка в стране. Если это не ключевая категория и данные о восстановителях и технологических материалах не известны, то выбросы можно оценить по методу уровня 1.

4.7.2.4 Полнота

При расчёте выбросов CO_2 от этой категории источников существует опасность двойного учёта или пропуска либо в секторе ППИП, либо в секторе «Энергетика». Обратите внимание, что коэффициент выбросов уровня 1 подразумевает, что выбросы CO_2 от сжигания различных видов топлива для производства тепла для процессов кальцинирования, спекания, обработки кислотой, очистительной плавки и рафинирования относятся к категории выбросов CO_2 от сжигания ископаемого топлива. Можно избежать двойного учёта, если использовать метод уровня 2. Самым большим источником двойного учёта могут стать выбросы от производства кокса, которые должны быть учтены в секторе «Энергетика» (расчёт см. в разделе 4.2).

4.7.3 Оценка неопределённостей

В таблице 4.25 показаны диапазоны неопределённости для коэффициентов выбросов и данных о деятельности.

Неопределённости коэффициентов выбросов

Коэффициенты выбросов по умолчанию, используемые в расчетах уровня 1, могут иметь неопределённость ± 50%. Коэффициенты выбросов уровня 2 могут иметь неопределённость ± 15%.

Неопределённости данных о деятельности

Данные о количестве продукции должны быть известны; их неопределённость предполагается на уровне ± 10%. Для метода уровня 2 неопределённость для общего количества восстановителей и других технологических материалов, используемых для производства цинка, по-видимому, будет в пределах 10%.

Таблица 4.25 – Диапазоны неопределённости

Метод	**Источник данных**	**Диапазон неопределённости**
Уровень 1	Региональные данные о производстве Коэффициент выбросов по умолчанию Коэффициенты выбросов для отдельных способов производства	± 10% ± 50% ± 20%
Уровень 2	Региональные данные о восстановителях и технологических материалах Региональные коэффициенты выбросов	± 10% ± 15%
Уровень 3	Данные о технологических материалах, полученные от компаний Данные о заводских измерениях CO_2 Заводские коэффициенты выбросов	± 5% ± 5% ± 5%

ГЛАВА 5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТВОРИТЕЛЕЙ И НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКЦИИ ИЗ ТОПЛИВА

5.1 ВВЕДЕНИЕ

В данном разделе рассмотрены методы оценки выбросов от первого использования ископаемых видов топлива как продукции для первичного использования, за исключением (а) сжигания с целью получения энергии и (б) применения в качестве исходного сырья или восстановителя. Методы учёта выбросов от последних двух источников описаны в главах, посвящённых химической промышленности (глава 3) и металлургии (глава 4).

Данная глава охватывает такие продукты, как смазочные материалы, твердые парафины, битум/асфальт и растворители. Выбросы от дальнейшего применения или утилизации продукции после использования (например, сжигание отработанных масел и смазок) учитываются в секторе «Отходы», если они сжигаются, и в секторе «Энергетика», если из них извлекают энергию.

В целом методы расчёта выбросов диоксида углерода (CO_2) от использования неэнергетических продукции подчиняются базовой формуле, в которой коэффициент выбросов состоит из коэффициента углеродного содержания и коэффициента, который отражает долю ископаемого углерода, которая окисляется в процессе использования (ОПИ), т.е. ту долю смазочных материалов, которая фактически сгорает в камере сгорания двигателя. Эта концепция применима только к окислению во время первого использования смазочных материалов и твёрдых парафинов и не применима к последующему использованию (т.е. к извлечению энергии).

Уравнение 5.1

Базовая формула для расчёта выбросов CO_2 неэнергетического использования продукции

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (\text{НИТ}_i \bullet \text{СС}_i \bullet \text{ОПИ}_i) \bullet \frac{44}{12}$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от неэнергетического использования продукции, тонны CO_2;

НИТ_i = неэнергетическое использование топлива *i*, ТДж;

СС_i = углеродное содержание топлива *i*, тонны C/TJ (=кг C/ГДж);

ОПИ_i = коэффициент ОПИ для топлива *i* дробь;

дробь 44/12 = отношение молекулярной массы CO_2/C.

Производство и использование асфальта для дорожных и кровельных покрытий и использование растворителей, полученных из нефти и угля, не является источником выбросов прямых парниковых газов, либо эти выбросы ничтожно малы. Тем не менее, они включены в данную главу, поскольку они иногда представляют реальный источник

выбросов летучих неметановых органических соединений и монооксида углерода (CO), которые, в конечном счете, окисляются до CO_2 в атмосфере. Выбросы от использования растворителей могут давать некоторый вклад, в отличие от практически нулевых выбросов от асфальта. Выбросы метана (CH_4) от видов деятельности, которые рассматриваются в данной главе, считаются небольшими или вовсе отсутствуют, и по этой причине они не рассматриваются в рамках *Методических рекомендаций.*

5.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.2.1 Введение

Смазочные материалы получают либо на нефтеперегонных заводах выделением из сырой нефти или на нефтехимических предприятиях и далее применяются в основном в промышленности и на транспорте. Их можно подразделить на:

(а)Моторные масла и индустриальные масла и (б)консистентные смазки, которые отличаются по физическим характеристикам (например, по вязкости), промышленному применению и поведению в окружающей среде.

5.2.2 Вопросы методологии

Использование смазочных материалов в двигателях обусловлено в первую очередь их смазочными свойствами; выбросы от такого применения считаются выбросами, не связанными со сжиганием, и относятся к сектору ППИП. Однако, в случае двухтактных двигателей, в которых смазка смешивается с другим топливом и сжигается вместе с ним в двигателе, выбросы следует рассчитывать и рассматривать как выбросы, связанные со сжиганием, в секторе «Энергетика» (см. том 2).

На практике затруднительно определить, какая часть смазки, потребляемая машинами и транспортными средствами, действительно была сожжена, произведя прямые выбросы CO_2. Поэтому при расчёте выбросов CO_2 делают допущение о том, что всё количество смазочных материалов, потерянное в процессе их использования, полностью сгорело, и эти выбросы рассматриваются как выбросы CO_2.

Российское законодательство накладывает ограничения на захоронение и размещение на свалке отработанных смазочных материалов и рекомендует их сбор и последующее термическое обезвреживание с утилизацией тепла отходящих газов для выработки водяного пара энергетических параметров в котлах-утилизаторах с системой очистки отходящих газов 26. Небольшая часть смазочных материалов окисляется в процессе использования, но основные выбросы CO_2 происходят при сборе отработанных смазочных материалов в конце их использования с последующим сжиганием, в соответствии с законодательством. Выбросы, связанные с термическим обезвреживанием отработанных масел, должны быть учтены в секторе «Энергетика» (или в секторе «Отходы», если извлечение энергии не производилось).

---

[26] http://снип.рф/snip/full/63

5.2.2.1 Выбор метода

Имеется два методологических уровня определения выбросов от использования смазочных материалов. Уровни 1 и 2 предполагают, что коэффициенты выбросов умножают на данные о количестве смазочных материалов, потребленных в регионе (в единицах энергии, например, в ТДж). В методе метода уровня 2 требуются данные о количестве различных типов смазочных материалов (за исключением количества, расходуемого двухтактными двигателями) и коэффициенты окисления при использовании (ОПИ), на уровне региона, тогда как в методе уровня 1 коэффициенты ОПИ, рекомендованные МГЭИК, умножают на суммарные данные о потреблении смазочных материалов. Поскольку коэффициент МГЭИК для консистентных смазок в четыре раза меньше, чем для смазочных масел, то в расчётах выбросов по методам более высокого уровня большое значение имеет определение фактической доли для масел и консистентных смазок. Следует учитывать, что применение национальных и региональных коэффициентов может дать более достоверные оценки выбросов в сравнении с коэффициентами МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

Метод уровня 1

Выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению 5.2 с использованием сгруппированных данных, углеродного содержания и коэффициентов ОПИ по умолчанию МГЭИК. Коэффициенты ОПИ по умолчанию рассчитаны с учетом рекомендованного МГЭИК соотношения масел и консистентных смазок:

Уравнение 5.2

Смазочные материалы – метод уровня 1

$$\text{Выбросы } CO_2 = LC \bullet ССС_{маз.мат.} \bullet ОПИ_{Смаз.мат.} \bullet \frac{44}{12}$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от смазочных материалов, тонны CO_2;

LC = суммарное потребление в регионе смазочных материалов, ТДж;

$ССС_{маз.мат.}$ = углеродное содержание смазочных материалов, тонны С/ТДж (=кг С/ГДж);

$ОПИ_{Смаз.мат.}$ = коэффициент ОПИ (основанный на соотношении масел и консистентных смазок по умолчанию), дробь;

44/12 = отношение молекулярной массы CO_2/С.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 для смазочных материалов использует то же уравнение, с той разницей, что применяются региональные данные о потреблении по типам смазок (в единицах энергии, например, ТДж) и региональные коэффициенты выбросов. Коэффициенты выбросов учитывают углеродное содержание конкретных типов смазочных материалов и коэффициент ОПИ:

Уравнение 5.3

Смазочные материалы – метод уровня 2

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (LC_i \bullet CC_i \bullet ОПИ_i) \bullet \frac{44}{12}$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от смазочных материалов, тонны CO_2;

LC_i = потребление смазочного материала типа *i*, ТДж;

CC_i = углеродное содержание смазочного материала типа *i*, тонны C/TJ (=кг С/ГДж);

$ОПИ_i$ = коэффициент ОПИ для смазочного материала типа *i*, дробь;

44/12 = отношение молекулярной массы CO_2/C.

Смазочные материалы включают отдельно моторные масла/промышленные масла и консистентные смазки, (но не включают количества, израсходованные в двухтактных двигателях).

В обоих уровнях могут быть использованы значения углеродного содержания по умолчанию МГЭИК, приведённые в разделе «Энергетика» (глава 1) или национальные значения, если они известны.

5.2.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Коэффициент выбросов равен произведению удельного углеродного содержания (тонны С/ТДж) на коэффициент ОПИ. Дальнейшее умножение на 44/12 (массовое отношение CO_2/C) даёт коэффициент выбросов, выраженный в тоннах CO_2/ТДж. Для смазочных материалов углеродное содержание по умолчанию, рассчитанное по низшей теплотворной способности, равно 20,0 кг С/ГДж. (см. глава 1 раздела «Энергетика»). Обратите внимание на то, что килограмм С/ГДж равен тонне С/ТДж.). Считается, что в результате сжигания окисление протекает на 100% до CO_2, при этом отсутствует длительное хранение углерода в форме золы или остатков горения. В процессе использования окисляется лишь небольшая часть смазочных масел (см. таблицу 5.1). Консистентные смазки окисляются в процессе использования ещё меньше (*Межправительственная, 2006*).

Таблица 5.1 – Коэффициенты ОПИ для смазочных масел, консистентных смазок и смазочных материалов в целом, рекомендованные МГЭИК

Смазочный материал/тип использования	Доля от общего количества смазочных материалов (%)	Коэффициент ОПИ
Смазочные масла (моторные/промышленные масла)	90	0,2
Консистентные смазки	10	0,05
Для всех смазочных материалов		0,2
Диапазон неопределенности*	от -50% до +50%	
** – Применительно к оценке выбросов от использования твердых парафинов диапазон неопределенности коэффициентов ОПИ составит от -100% до +100%*		

Метод уровня 1

Если известны только данные об общем потреблении всех смазочных материалов (т.е. без разделения на масла и консистентные смазки), то в методе уровня 1 используют средневзвешенный коэффициент ОПИ для всех смазочных материалов в целом. Если предположить, что 90% смазок по массе составляют масла и 10% – консистентные смазки, то применение этих весов к коэффициентам ОПИ для масел и консистентных смазок даёт общий коэффициент ОПИ 0,2 (с округлением) (см. таблицу 5.1). Коэффициент ОПИ затем можно применить к общему коэффициенту углеродного содержания для смазочных материалов (который может быть национальным или рекомендованным МГЭИК), чтобы определить региональные выбросы от этого источника в том случае, если известны данные о потреблении смазочных материалов (уравнение 5.2).

Метод уровня 2

Для регионов, для которых известны данные об удельных количествах смазочных материалов, использованных в качестве моторных /индустриальных масел и в качестве консистентных смазок, можно применять различные коэффициенты ОПИ – либо коэффициенты МГЭИК 0,2 и 0,05 соответственно, либо национальные коэффициенты ОПИ для жидких и консистентных смазок. Далее эти коэффициенты ОПИ можно умножить на национальные коэффициенты углеродного содержания или на коэффициент углеродного содержания смазочных материалов, принятый МГЭИК по умолчанию, чтобы определить региональные выбросы (уравнение 5.3)

5.2.2.3 Выбор данных о деятельности

Для оценки выбросов требуются данные о неэнергетическом использовании смазочных материалов, при этом данные о деятельности выражаются в единицах энергии (ТДж). Для перевода данных о потреблении в единицах массы (например, в тоннах) в общепринятые единицы энергии (например, в ТДж, на основании низшей теплотворной способности) необходимы коэффициенты теплотворной способности (см. глава 1 раздела «Энергетика»). Основные данные о неэнергетических продуктах, используемых в регионе, можно получить на основании данных региональной статистики. Может потребоваться дополнительная информация для определения количества смазочных материалов, используемых в двухтактных двигателях, которое должно быть исключено из расчётов этой категории источников уровня 2.

Для метода уровня 2 необходимо знать отдельно данные о потреблении моторных/индустриальных масел и консистентных смазок. Руководство по сбору данных о смазочных материалах, используемых в двухтактных двигателях, см. в главе 3 раздела «Энергетика», посвящённой автомобильному транспорту.

5.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЁРДЫХ ПАРАФИНОВ

5.3.1 Введение

Согласно определению, принятому в данной главе, эта категория включает такие продукты, как вазелиновое масло, твёрдые парафины и другие воски, включая озокерит (смеси насыщенных углеводородов, которые при температуре окружающей среды находятся в твёрдом состоянии). Твёрдые парафины выделяют из сырой нефти при производстве лёгких (дистилляционных) смазочных масел. Твёрдые парафины подразделяются по содержанию масла и степени очистки (*Межправительственная, 2006*).

5.3.2 Вопросы методологии

Парафины применяются во многих областях. Твёрдые парафины используются для изготовления свечей, ящиков с гофрированными стенками, бумажных покрытий, проклеенных плит, пищевой продукции, мастик, моющих средств и многого другого. Выбросы от использования парафинов происходят в основном, когда парафины или производные парафинов сжигают в процессе применения (например, свечи), когда их сжигают с извлечением и без извлечения тепла, и при очистке сточных вод (для суфрактантов). Выбросы от очистки сточных вод и сжигания следует учитывать в секторах «Энергетика» или «Отходы» соответственно.

5.3.2.1 Выбор метода

Имеется два методологических уровня определения выбросов от использования и хранения твёрдых парафинов. Уровни 1 и 2 в принципе применяют один и тот же аналитический подход, состоящий в том, что коэффициенты выбросов умножают на данные о количестве твёрдых парафинов, потребленных в регионе (в единицах энергии, например, в ТДж). Метод уровня 2 основан на определении фактического потребления твёрдых парафинов и применении национального/регионального коэффициента ОПИ к данным о деятельности, тогда как в методе уровня 1 коэффициенты выбросов по умолчанию МГЭИК умножают на данные о деятельности (*Межправительственная, 2006*).

Метод уровня 1

Выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению 5.4 с использованием суммарных данных о потреблении парафинов:

Уравнение 5.4

Парафины – метод уровня 1

$$\text{Выбросы } CO_2 = PW \bullet CC_{\text{Параф.}} \bullet \text{ОПИ}_{\text{Параф.}} \bullet \frac{44}{12}$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от использования парафинов, тонны CO_2;

PW = суммарное потребление парафинов, ТДж;

$CC_{Параф.}$ = углеродное содержание твёрдых парафинов (по умолчанию), тонны С/ТДж (=кг С/ГДж);

$ОПИ_{Параф.}$ = коэффициент ОПИ для твёрдых парафинов, дробь;

44/12 = отношение молекулярной массы CO_2/С.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 для твердых парафинов использует то же уравнение (5.4) с той разницей, что применяются детализированные данные о количестве выпущенных твёрдых парафинов (возможно также с подразделением по типам) (в единицах энергии) и их использовании; кроме того, применяются национальные коэффициенты выбросов:

Уравнение 5.5

Парафины – метод уровня 2

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (PW_i \bullet CC_i \bullet ОПИ_i) \bullet \frac{44}{12}$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от парафинов, тонны CO_2;

PW_i = потребление парафина типа *i*, ТДж;

CC_i = углеродное содержание парафина типа *i*, тонны С/TJ (=кг С/ГДж);

$ОПИ_i$ = коэффициент ОПИ для парафина типа *i*, дробь;

дробь 44/12 = отношение молекулярной массы CO_2/С.

5.3.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Следует применять национальное значение углеродного содержания или значение, рекомендованное МГЭИК 20,0 кг С/ГДж (на основании низшей теплотворной способности) (см. глава 1 раздела «Энергетика»). Обратите внимание, что кг С/ГДж равен тонне С/ТДж).

Метод уровня 1

Если предположить, что выбросы от 20% твёрдых парафинов связаны со сжиганием свеч, тогда коэффициент ОПИ будет 0,2 (уравнение 5.4) (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 2

Те регионы, которые располагают подробной информацией об использовании твёрдых парафинов, могут определить свой региональный коэффициент ОПИ для парафинов на основании данных о сжигании (уравнение 5.5). Эти коэффициенты можно комбинировать либо с вышеуказанными значениями углеродного содержания МГЭИК, либо с национальными значениями углеродного содержания, если таковые имеются.

5.3.2.3 Выбор данных о деятельности

Для оценки выбросов требуются данные об использовании твёрдых парафинов; данные о деятельности должны быть выражены в единицах энергии (ТДж). Для перевода данных о потреблении в единицах массы (например, в тоннах) в общепринятые

единицы энергии (например, в ТДж, на основании низшей теплотворной способности), необходимы коэффициенты теплотворной способности топлив (см. том 2 «Энергетика»). Основную информацию о неэнергетических продуктах, используемых в регионе, можно получить из данных региональной статистики о производстве, ввозе в регион и вывозе из региона, а также о соотношении энергетического/неэнергетического использования.

ГЛАВА 6 ВЫБРОСЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

6.1 ВВЕДЕНИЕ

Фторированные соединения (ФС) используются во многих процессах современной электронной промышленности для плазменного травления сложных схем, чистки реакционных камер и температурного контроля. Отдельные сектора электронной промышленности, рассмотренные в этой главе, включают производство полупроводников, жидкокристаллических (TFT) дисплеев и панелей, а также фотоэлементов (ФЭЭ).

6.2 ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ

В настоящее время электронная промышленность выбрасывает в атмосферу ФС, включая CF_4, C_2F_6, C_3F_8, ц-C_4F_8, ц-C_4F_8O, C_4F_6, C_5F_8, CHF_3, CH_2F_2, трифторид азота (NF_3), и гексафторид серы (SF_6). Они применяются в двух важных стадиях электронного производства: (i) плазменное травление кремнийсодержащих материалов и (ii) чистка стенок камеры химического осаждения из паровой фазы (ХОПФ) и попадают в атмосферу, главным образом, в результате неэффективного использования ФС в процессе травления или чистки. Кроме того, часть ФС, используемых в электронной промышленности, может превратиться в побочный продукт CF_4 и в некоторых случаях в иные ФС, в частности, C_2F_6, CHF_3 и C_3F_8. В данной главе также рассмотрены выбросы F_2, COF_2, и ClF_3, которые сами по себе не вносят вклад в глобальное потепление, но могут приводить к образованию CF_4.

Дополнительные выбросы ФС происходят при использовании теплопроводящих жидкостей в результате их потерь от испарения. Производители электроники используют ФС для температурного контроля некоторых процессов в качестве теплопроводящих жидкостей, они являются жидкостями при комнатной температуре и имеют значительное давление паров. Поэтому в производственном процессе имеют место потери ФС, происходящие при охлаждении некоторых видов технологического оборудования, во время тестирования упакованных полупроводниковых устройств и при монтаже плат в процессе пайки электронных компонентов с оплавлением в паровой фазе. Потери отсутствуют, если жидкие ФС используются для охлаждения электронных компонентов или систем во время работы, при которых ФС находятся в закрытых системах в течение всего срока эксплуатации продукта или системы. Кроме того, жидкие ФС иногда используют для чистки ТПТ-ППД в процессе производства.

Проведение постоянного (in-situ) мониторинга выбросов в промышленности в настоящее время считается нецелесообразным с технической и экономической точки зрения. Тем не менее, выбросы ФС периодически измеряют в процессе разработки новых процессов и аппаратов, а также после установления наиболее эффективных условий

производства (которые также называются условиями осевого процесса)[27]. Перед тем как приступить к массовому выпуску, производители добиваются такого осевого процесса, который минимизирует выбросы ФС. Выбросы ФС зависят от параметров процесса (например, от давления, температуры, мощности плазмы, расхода газа ФС, времени проведения процесса). Поэтому точность методов оценки выбросов будет зависеть от возможных различий между используемой технологией производства и стандартным осевым процессом. Кроме того, эффективность оборудования по снижению выбросов ФС зависит от работы и технического обслуживания оборудования в соответствии со спецификациями производителя.

На рынке электронного сектора представлено более 20 различных жидких ФС, часто в виде смесей с полностью фторированными соединениями. Поскольку CO_2-эквиваленты этих жидкостей разные, то их приходится отслеживать и учитывать по отдельности.

6.2.1 Выбор метода

Точность оценки выбросов зависит от метода. В рамках *Методических рекомендаций* рассмотрены методы оценки выбросов уровня 1 и 2. Метод уровня 1 – наименее точный метод оценки; его следует применять только в тех случаях, когда нет данных на уровне предприятия. В разделе представлены общие подходы к оценкам уровня 2. Более подробные методологические рекомендации по методу уровня 2 содержатся в Р-2006 (*Межправительственная, 2006*).

6.2.1.1 Травление и чистка ХОПФ для полупроводников, жидкокристаллических дисплеев и фотоэлектрических элементов

Структура и интенсивность выбросов зависят от газов, применяемых при производстве различных типов электронных устройств, технологии производства (от типа процесса, например, ХОПФ или травление), изготовителя оборудования, применяемого для снижения выбросов ФС, эффективность которого зависит от корректности организации работы и технического обслуживания оборудования в соответствии со спецификациями производителя.

В текущий раздел включены методы оценки выбросов от использования жидких ФС уровня 1 и 2. Уровень 2 подразделяется на 2a и 2b, которые отличаются степенью детализации. Выбор методов зависит от наличия данных. В методе уровня 1 используются коэффициенты МГЭИК и не учитывается применение технологии снижения выбросов. Методы уровня 2a и 2b можно комбинировать, получая более точные оценки по

---

[27] *Условия осевого процесса – это условия, при которых производители оборудования стандартизируют оборудование, выпускаемое на рынок. Это номинальные значения для газовых потоков, давления в камере, мощности плазмы и т.д. Для производителей полупроводниковых устройств обычной практикой является модифицирование этих условий с целью оптимизации под конкретные требования.*

сравнению с применением только метода уровня 2а. Однако метод уровня 1 не следует комбинировать с другими методами.

Метод уровня 1

Метод уровня 1 предназначен для получения суммарной оценки выбросов ФС, при этом выбросы различных газов учитываются отдельно (уравнение 6.1).

Уравнение 6.1

Метод уровня 1 для оценки выбросов ФС

$$FC_i = \sum_i (EF_i \bullet C_u \bullet C_d \bullet [C_{ФЭЭ} \bullet \delta + (1 - \delta)])$$

где:

FC_i = выбросы *i*-го ФС газа, масса газа i;

EF_i = коэффициент выбросов *i*-го ФС газа, равный массе выбросов в год на площадь поверхности подложек для данного класса продукции (масса газа *i*)/м^2;

Cu = коэффициент использования годовой мощности завода, дробь;

C_d = годовая проектная производственная мощность, Гм^2 обработанных подложек (Мм^2 только для производства ФЭЭ);

$C_{ФЭЭ}$ = доля производства ФЭЭ с использованием ФС, дробь;

δ = 1, если применяется уравнение 6.1 к производству ФЭЭ, и 0, если применяется уравнение 6.1 к производству полупроводников или TFT-дисплеи, в относительных единицах.

Расчёт выбросов основан на коэффициентах выбросов МГЭИК по секторам выпускаемой электронной продукции (полупроводники, TFT-дисплеи или ФЭЭ). Коэффициенты выбросов выражают средние выбросы на единицу площади подложки (например, кремния, TFT-дисплея или ФЭЭ), потреблённой при производстве. Для всех классов электронной продукции коэффициенты выбросов умножают на годовой коэффициент использования мощностей (Cu, дробь) и годовую проектную мощность (Cd, в квадратных гигаметрах (Гм^2) обработанных подложек). Произведение ($C_u \bullet C_d$) равно площади подложек, потребленных в электронном производстве. Результат расчета представляет собой сумму годовых выбросов (выраженных в кг) для каждого класса электронных продукции. Поскольку использование ФС при производстве ФЭЭ меняется в широких пределах, то для оценки выбросов ФС от производства ФЭЭ необходим третий коэффициент для учёта той доли производства ФЭЭ, в которой применяется ФС.

Метод уровня 2а

Этот метод рассчитывает выбросы для каждого типа ФС на основании данных отдельных компаний о потреблении газа и о технологиях очистки выбросов. Для применения метода уровня 2а составители кадастра должны напрямую запрашивать с предприятий информацию о наличии и фактическом использовании технологий очистки выбросов.

Суммарные выбросы равны сумме выбросов ФС газа i, используемого в процессе производства, плюс выбросы побочных продуктов: CF_4, C_2F_6, CHF_3 и C_3F_8, образовавшихся из газа i. См. уравнения 6.2 и 6.3.

Уравнение 6.2

Метод уровня 2a для оценки выбросов ФС

$$E_i = (1 - h) \cdot FC_i \cdot (1-U_i) \cdot (1-a_i \cdot d_i)$$

где:

E_i = выбросы газа i, кг;

FC_i = потребление газа i, (например, CF_4, C_2F_6, C_3F_8, ц-C_4F_8, ц-C_4F_8O, C_4F_6, C_5F_8, CHF_3, CH_2F_2, NF_3, SF_6), кг;

h = часть газа, остающаяся в транспортном контейнере после использования, дробь;

U_i = рабочий расход газа i (доля разложившегося или химически превращённого газа), дробь;

a_i = объёмная доля газа i, израсходованного в процессах с применением технологий очистки выбросов (для компании или завода), дробь;

d_i = доля газа i, разрушенного с помощью технологии очистки выбросов, дробь.

Уравнение 6.3

Выбросы побочного продукта j (CF_4, C_2F_6, CHF_3, C_3F_8)

$$BPE_{j,i} = (1 - h) \cdot B_{j,i} \cdot FC_i \cdot (1-U_i) \cdot (1-a_i \cdot d_j)$$

где:

$BPE_{j,i}$ = выбросы побочного продукта j (CF_4, C_2F_6, CHF_3, C_3F_8) от израсходованного газа *i*, кг;

$B_{j,i}$ = коэффициент выбросов, кг образовавшегося j (CF_4, C_2F_6, CHF_3, C_3F_8)/кг израсходованного газа i;

d_j = доля побочного продукта j (CF_4, C_2F_6, CHF_3, C_3F_8), разрушенного с помощью технологии очистки выбросов, дробь;

После расчёта выбросов газа i (E_i) и выбросов побочных продуктов: CF_4, C_2F_6, CHF_3 и C_3F_8 для каждого газа (BPE_{CF_4i}, $BPE_{C_2F_6i}$, BPE_{CHF_3i} и $BPE_{C_3F_8i}$) составители кадастра должны просуммировать эти выбросы по всем газам, чтобы получить полные суммарные выбросы ФС.

Метод уровня 2b

Метод уровня 2b применим для производства полупроводников и ТПТ-ППД.

Для метода уровня 2b необходимы данные о суммарных количествах каждого газа, введённого во все процессы травления и во все процессы чистки (FC_{ip}). Таким образом, этот метод разграничивает только крупные типы процессов (травление или чистка камер ХОПФ), но не делает различий между многочисленными вариантами процессов или их

небольшими подтипами. Выбросы в результате использования конкретного ФС состоят из выбросов самого газа i плюс выбросы CF_4, C_2F_6, CHF_3 и C_3F_8, образовавшихся в качестве побочных продуктов в процессе использования газа i. Следующий расчёт следует повторить для каждого газа в каждом типе процесса:

Уравнение 6.4

Метод уровня 2b для оценки выбросов ФС

$$E_i = (1 - h) \bullet \sum_p [FC_{i,p} \bullet (1 - U_{hp}) \bullet (1 - a_{i,p} \bullet d_{i,p})]$$

где:

E_i = выбросы газа i, кг;

p = тип процесса (травление или чистка камер для ХОПФ);

$FC_{i,p}$ = потребление газа i, введённого в процесс типа p (например, CF_4, C_2F_6, C_3F_8, ц-C_4F_8, ц-C_4F_8O, C_4F_6, C_5F_8, CHF_3, CH_2F_2, NF_3, SF_6), кг;

h = часть газа, остающаяся в транспортном контейнере после использования, дробь;

$U_{i,p}$ = рабочий расход для каждого газа i и процесса типа p (часть, разрушенная или химически преобразованная), дробь;

$a_{i,p}$ = объёмная доля газа i, введённого в процесс типа p с применением технологий очистки выбросов (для компании или завода), дробь;

$d_{i,p}$ = доля газа i, разрушенного с помощью технологии очистки выбросов, применяемой в процессе типа p (если в процессе типа p используется более одной технологии очистки выбросов, то $d_{i,p}$ = среднее значение доли, разрушенной с помощью этих технологий очистки, в которых каждая доля взвешена по отношению к количеству газа, вводимому в аппарат соответствующей технологии очистки), дробь.

Уравнение 6.5

Выбросы побочного продукта j (CF_4, C_2F_6, CHF_3, C_3F_8)

$$BPE_{j,i} = (1 - h) \bullet \sum_p [B_{j,i,p} \bullet FC_{i,p} \bullet (1 - a_{i,p} \bullet d_{j,p})]$$

где:

$BPE_{j,i}$ = выбросы побочного продукта j (CF_4, C_2F_6, CHF_3, C_3F_8) образовавшегося из газа i, кг;

$B_{j,i}$ = коэффициент выбросов для побочного продукта j (CF_4, C_2F_6, CHF_3, C_3F_8), образовавшегося из газа i в процессе типа p, кг образовавшегося j (CF_4, C_2F_6, CHF_3, C_3F_8)/кг израсходованного газа i;

d_j = доля побочного продукта j (CF_4, C_2F_6, CHF_3, C_3F_8), разрушенного с помощью технологии очистки выбросов в процессе типа p (например, тип очистки выбросов из таблицы 6.6), дробь.

Обратите внимание, что среди материалов, которые обычно используются при травлении и чистке, многочисленные ФС могут применяться одновременно, а выбросы побочных продукции CF_4, C_2F_6, CHF_3 или C_3F_8 могут происходить от разрушения одного отдельного ФС. В таких случаях выбросы побочных продукции CF_4, C_2F_6, CHF_3

или C_3F_8 следует отражать в отчёте как производные от ФС с наибольшим массовым расходом.

6.2.1.2 Теплопроводящие жидкости

Метод уровня 1

Расчёт уровня 1 основан на коэффициенте выбросов, который равен средним выбросам на единицу кремния, потреблённого при производстве полупроводников (уравнение 6.6).

Уравнение 6.6

Метод уровня 1 для оценки общих выбросов ФС от теплопроводящих жидкостей

$$FC_{жидк.всего} = EF_i \bullet C_u \bullet C_d$$

где:

$FC_{жидк.всего}$ = общие выбросы ФС, выраженные в виде массы C_6F_{14}, Мт C_6F_{14};

EF_i = коэффициент выбросов (усредненные выбросы ФС на Гм^2 кремния, потребленного за период, выраженные в единицах массы C_6F_{14} (см. таблицу 6.2.)), Мт C_6F_{14}/Гм^2;

C_u = средний коэффициент использования мощностей для всех предприятий по производству полупроводников за период, доля;

Cd = проектная мощность предприятий по производству полупроводников в регионе, Гм^2.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 основан на балансе масс и учитывает потребление ФС за год (уравнение 6.7). Метод используется в том случае, если известны данные на уровне компании. В течение года жидкие ФС применяются для заполнения нового оборудования и для замены ФС, потерянного из старого оборудования в результате испарения. Метод уровня 2 пренебрегает потерями жидкости в процессе заполнения нового или уже работающего оборудования и при списании отработавшего оборудования (что вполне понятно для таких дорогих жидкостей). Составители кадастра должны запрашивать у компаний сведения о химическом составе жидкостей, для которых проводится оценка выбросов.

Уравнение 6.13

Метод уровня 2 для оценки выбросов ФС от теплопроводящих жидкостей

$$FC_i = p_i \bullet [I_{i,t-1}(l) + P_{i,t}(l) - N_{i,t}(l) + R_{i,t}(l) - I_{i,t}(l) - D_{i,t}(l)]$$

где:

FC_i = выбросы ФС i, кг;

p_i = плотность жидкого ФС i, кг/литр;

$I_{i,t-1}(l)$ = запас жидкого ФС i в конце предыдущего периода, литры;

$P_{i,t}(l)$ = нетто-закупки жидкого ФС i за период (нетто от всех покупок и возврата), литры;

$N_{i,t}$ (l) = общий объём заливки (или паспортная емкость) для нового, не работавшего оборудования, литры

$R_{i,t}$ (l) = общий объём заливки (или паспортная емкость) для списанного или проданного оборудования, литры

$I_{i,t}$ (l) = запас жидкого ФС i в конце периода, литры;

$D_{i,t}$ (l) = количество ФС i, извлечённое из отработанного оборудования и перемещённое за пределы предприятия, за период, литры.

6.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

6.2.2.1 Травление и чистка хопф для полупроводников, жидкокристаллических (tft) дисплеев и фотоэлектрических элементов

Некоторые коэффициенты выбросов МГЭИК для уровня 1 представлены в таблице 6.2 (*Межправительственная, 2006*).

Таблица 6.2 – Коэффициенты уровня 1 для выбросов отдельных газов от электронной промышленности, рекомендованные МГЭИК

Сектор электронной промышленности	Коэффициент выбросов (масса на единицу площади обработанных подложек)						
	CF_4	C_2F_6	CHF_3	C_3F_8	NF_3	SF_6	C_6F_{14}
Полупроводники, кг/м$_2$	0,9	1	0,04	0,05	0,04	0,2	НД
TFT-дисплеи, г/м$_2$	0,5	НД	НД	НД	0,9	4	НД
ФЭЭ, кг/м$_2$	5	0,2	НД	НД	НД	НД	НД
Теплопроводящие жидкости, кг/м$_2$	НД	НД	НД	НД	НД	НД	0,3

В силу своей специфики электронная промышленность довольно сложна, а используемые в ней технологические процессы – комплексные. Необходимо учитывать, что коэффициенты МГЭИК не могут охватить всё разнообразие производственных условий, и основаны на некоторых допущениях, поэтому коэффициенты выбросов МГЭИК по своей внутренней сути являются ненадёжными. В то же время точность можно повысить, используя большее число измеренных данных, а также применяя коэффициенты выбросов к схожим процессам, в которых используются схожие или одинаковые химические вещества.

Если данные об использовании мощностей промышленности полупроводников в регионе не известны, в Р-2006 рекомендуется принимать загрузку производственных мощностей равной 80%. Для оценки потребления предлагается по аналогии использовать загрузку 80% от проектной мощности для производства TFT-дисплеев в регионе, для C_u рекомендуется использовать значение 86% (*Межправительственная, 2006*).

При оценке выбросов в процессе производства ФЭЭ следует учесть долю промышленности, где фактически применяют ФС ($C_{ФЭЭ}$ в уравнении 6.1). Согласно Р-2006 ФС фактически используются при производстве 40-50% ФЭЭ, при этом тенденция использования ФС может расти. При отсутствии данных рекомендуется применять значение по умолчанию $C_{ФЭЭ}$ = 0,5 (Межправительственная, 2006).

6.2.2.2 Теплопроводящие жидкости

Коэффициенты выбросов для метода уровня 1 представлены в таблице 6.2.

6.2.3 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности для электронной промышленности состоят из данных о продажах газов и использовании или количестве подложек, обработанных за год (например, количество м^2 кремния, переработанного для изготовления полупроводников). Для более требовательных к информации методов уровня 2 необходимы данные на уровне завода или компании. Для методов уровня 1 составители кадастра должны будут использовать суммарную площадь поверхности электронных подложек, обработанных за год на предприятиях региона. Рекомендуется использовать следующие источники данных:

- Территориальные органы государственной статистики РФ (Росстат);
- Соответствующие предприятия и компании[28].

[28] *Руководящие принципы МГЭИК (Межправительственная, 2006) рекомендуют для оценки потребления кремния данные, публикуемые в периодическом издании World Fab Watch (WFW), которое ежеквартально выпускает Международная промышленная ассоциация производителей полупроводниковых элементов и материалов (Semiconductor Equipment & Materials International (SEMI)). Эта база данных содержит перечень заводов (промышленных, а также научно-исследовательских, пилотных и т.д.) по всему миру с информацией об их местонахождении, проектной мощности, размере платы и много другое. Аналогично, база данных на диске Flat Panel Display Fabs, который выпускает SEMI, содержит оценку мирового потребления стекла для производства TFT-дисплеев. Однако вопросы доступности и применимости этих данных для регионов России в настоящее время остаются открытыми.*

ГЛАВА 7 ВЫБРОСЫ ФТОРИРОВАННЫХ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

7.1 ВВЕДЕНИЕ

7.1.1 Химические вещества и области их применения, рассмотренные в главе

Гидрофторуглероды (ГФУ) и, в очень ограниченном количестве, перфторуглероды (ПФУ) используются в качестве альтернативы озоноразрушающим веществам (ОРВ), которые постепенно выводятся из обращения согласно Монреальскому протоколу. Текущие и прогнозируемые виды применения ГФУ и ПФУ включают:

- кондиционирование воздуха и охлаждение;
- тушение пожара и защиту от взрыва;
- аэрозоли;
- чистку растворителем;
- пенообразование;

Эти основные группы текущего и прогнозируемого использования в этой главе называются *приложениями* в рамках категории заменителей ОРВ. Во введении (раздел 7.1) рассматривается общая структура расчёта выбросов от заменителей ОРВ, а последующие разделы 7.2 – 7.6 представляют более детализированное руководство по отдельным приложениям ОРВ.

Кроме того, использование ГФУ и ПФУ в некоторых приложениях может приводить к образованию долгосрочных *банков* материала; особенно это касается жёстких пен (как правило, пен с закрытыми порами), охлаждения и пожаротушения. График выбросов от этих источников может быть особенно сложным, поэтому для получения точных оценок выбросов особенно важны методы, которые оперируют разгруппированными данными. Другие приложения, такие как аэрозоли и чистка растворителем, могут иметь краткосрочные запасы, но в контексте оценки выбросов могут рассматриваться как источники мгновенных выбросов. Это утверждение также относится к эластичным пенам (как правило, с открытыми порами).

Выбросы ГФУ и ПФУ не регулируются Монреальским протоколом, поскольку они не разрушают озоновый слой стратосферы. ГФУ – это вещества, содержащие только водород, углерод и фтор. До принятия Монреальского протокола и поэтапной ликвидации ОРВ из всех ГФУ производились только ГФУ-152а (входит в состав охлаждающей смеси R-500) и ГФУ-23 (низкотемпературный хладагент, побочный продукт производства ГХФУ-22). ГФУ-134а начали производить в 1991 году, и с тех пор было внедрено множество ГФУ, которые в настоящее время применяются, в том числе в качестве заменителей ОРВ. При сборе данных о потреблении ГФУ и ПФУ для составления отчётности следует учитывать ГФУ, входящие в состав смесей, но при этом игнорировать те компоненты смеси, учет которых не требуется (например, ХФУ и ГХФУ).

ГФУ и ПФУ обладают высокими потенциалами глобального потепления (ПГП), а ПФУ долго сохраняются в атмосфере. В таблице 7.1 перечислены наиболее важные ГФУ и ПФУ (*Межправительственная, 2006*), включая основные области их применения. Потенциал различных ГФУ и ПФУ как парниковых газов сильно различается. Особенно высокие ПГП характерны для ПФУ независимо от принятого интегрированного временного горизонта, поскольку они очень долго сохраняются в атмосфере. Поэтому для

того, чтобы получить правильные оценки вклада выбросов от этих групп химических веществ в глобальное потепление, нужно знать или оценить с достаточной точностью структуру потребления для отдельных газов.

Поскольку ХФУ, галоны, четыреххлористый углерод, метилхлороформ и, в особенности, ГХФУ окончательно выводятся из использования, для их замены избирательно применяются ГФУ. ПФУ продолжают использоваться, но в ограниченном количестве. Несмотря на то, что до 75% прежнего объема применения ХФУ можно заменить не-фторуглеродными соединениями, ожидается рост использования ГФУ, по крайней мере, в ближайшей перспективе.

Таблица 7.1 – Основные области применения ГФУ и ПФУ в качестве заменителей ОРВ [1]

Химические вещества	Кондиционирование воздуха и охлаждение	Тушение пожара и защита от взрыва	Аэрозоли		Чистка растворителем	Пенообразование	Другие приложения[2]
			Газы-вытеснители	Растворители			
ГФУ-23	X	X					
ГФУ-32	X						
ГФУ-125	X	X					
ГФУ-134a	X	X	X			X	X
ГФУ-143a	X						
ГФУ-152a	X		X			X	
ГФУ-227ea	X	X	X			X	X
ГФУ-236fa	X	X					
ГФУ-245fa				X		X	
ГФУ-365mfc				X	X	X	
ГФУ-43-10mee				X	X		
ПФУ-14[3] (CF_4)		X					
ПФУ-116 (C_2F_6)							X
ПФУ-218 (C_3F_8)							
ПФУ-31-10 (C_4F_{10})		X					
ПФУ-51-14[4] (C_6F_{14})					X		

[1] ГФУ и ПФУ могут применяться в составе смесей. Другими компонентами таких смесей иногда являются ОРВ и/или непарниковые газы. Многие ГФУ, ПФУ и смеси имеют торговые названия; в этой главе используются только родовые названия.

[2] Другие области применения включают оборудование для стерилизации, экспандирование табака, плазменное травление электронных чипов (ПФУ-116) и использование в качестве растворителя при производстве адгезионных покрытий и типографских красок.

[3] ПФУ-14 (химическая формула CF4) используется как второстепенный компонент запатентованной смеси, которая предназначена в основном для травления полупроводников.

[4] ПФУ-51-14 представляет собой инертный материал, который плохо растворяет или совсем не растворяет грязь. Он может применя

ться как носитель для других растворителей или для растворения и осаждения смазок для накопителей на магнитных дисках. ПФУ также применяются при тестировании герметичности компонентов.

7.1.2 Общие вопросы методологии для всех заменителей ОРВ

7.1.2.1 Обзор вопросов, связанных с заменителями ОРВ

Уровни группирования данных

Каждое *приложение*, в котором используются заменители ОРВ, можно подразделить на субприложения. При выборе метода оценки рекомендуется проанализировать количество и соответствие субприложений, доступность данных и структуру выбросов. Для приложений с большим количеством субприложений (охлаждение имеет шесть основных субприложений; пены – и того больше) лучше использовать более высокий уровень разгруппирования данных, с учётом различия между субприложениями. Соответственно, для получения строгих оценок выбросов следует оценивать выбросы для каждого субприложения отдельно. В этой главе такой подход отражает метод уровня 2, а методы, основанные на сгруппированных, на уровне приложений данных, относятся к уровню 1. Даже если имеется совсем немного субприложений, оценка выбросов по субприложениям также предпочтительна вследствие различий в структуре выбросов, использовании химических веществ, методик сбора данных и/или доступности данных. Противопожарная защита, к примеру, имеет только два основных субприложения, но, каждое из них характеризуется различными выбросам, и разгруппированный метод (уровня 2) даст более точную оценку выбросов. С другой стороны, если структура выбросов субприложений одинакова и если трудно собрать разгруппированные данные, то можно оценивать выбросы на сгруппированном уровне (уровень 1), получая при этом надёжные оценки выбросов. Например, несмотря на то, что для аэрозольных пропеллентов имеется несколько субприложений, расчёт выбросов на сгруппированном уровне приложения может дать хороший результат, поскольку структура выбросов и используемые химические вещества аналогичны.

Типы и доступность данных

Очень важно уже на ранней стадии оценочного процесса решить, каким образом и из каких источников организовать сбор данных.

Данные о торговле ГФУ и ПФУ на региональном уровне не учитываются государственной статистикой. Частично такие данные можно получить от предприятий, использующих эти химические вещества для производства оборудования, материалов и других продукции (заводы по производству бытовых холодильников, вспененных пластмасс и др.). Эти же химические вещества используют предприятия по установке и обслуживанию холодильного оборудования и оборудования для кондиционирования воздуха, оборудования для пожаротушения. Таких предприятий может быть много и сбор данных о торговле ГФУ и ПФУ в регионе может быть связан со значительными затруднениями.

Данные о рынках обычно представляют собой данные о продажах оборудования или продукции на уровне субприложения; эти данные должны включать информацию о производстве в регионе, ввозе в регион и вывозе из региона такого оборудования или продукции. Как правило, одновременно с различными ГФУ и ПФУ, в тех же субпри-

ложениях могут использоваться другие вещества, которые не являются парниковыми газами и не подлежат инвентаризации в рамках регионального кадастра выбросов парниковых газов. Поэтому данные о рынках необходимо дополнять оценкой доли рынка, в которой применяется конкретное, подлежащее учету в кадастре выбросов химическое вещество. Надо учитывать, что эта доля все время меняется. Например, в настоящее время заводами по производству бытовых холодильников осуществляется переход от использования ГФУ-134а к использованию хладагента R600, который не является парниковым газом. Кроме того, необходимы данные о среднем количестве химического вещества, используемого в каждом типе продукта внутри субприложения.

Комбинация двух направлений сбора данных (по химическим веществам и продуктам) необходима для оценки выбросов ГФУ и ПФУ на уровне субприложений.

Сроки выбросов и значение банков

Заменители ОРВ, такие как ГФУ и ПФУ, в одних приложениях закрыты внутри оборудования (например, при охлаждении и кондиционировании воздуха), а в других приложениях они должны испаряться (например, в аэрозолях). Эти различия важны для понимания, когда выбросы имели место, т.е. для оценки *фактических* выбросов.

Если выбросы происходят в течение первых двух лет, то их называют *мгновенными* выбросами. Примерами приложений и субприложений с *мгновенными* выбросами являются аэрозоли, аэрозольные растворители, пены открытыми порами и, в некоторых случаях, неаэрозольные растворители. В целом выбросы от приложений или субприложений с *мгновенными* выбросами можно рассчитать путём определения годового потребления химических веществ, принимая допущения о том, что все выбросы произошли в течение первого или второго года потребления. Таким образом, если потребление химических веществ не известно до конкретной даты, то оценки выбросов спустя год или два года после этой даты всё же будут точными, и точность лишь немного повысится в том случае, если исследовать или оценивать потребление химических веществ, начиная с предыдущих лет.

Если имеют место отсроченные выбросы, то накопленная разница между количеством веществ, потреблённых в приложении или субприложении, и количеством веществ, которые уже выделились в атмосферу, называется *банком.* Образование банков характерно для таких приложений, как кондиционирование воздуха и охлаждение, противопожарная защита, пены с закрытыми порами и, нередко, неаэрозольные растворители. Определение банка указывает на присутствие химического вещества на всех стадиях эксплуатации оборудования и может даже включать потоки отходов. Например, пенообразующее вещество (вспениватель) сохраняется в продуктах, которые уже захоронены, и оно продолжает быть частью банка, поскольку это химическое вещество было потреблено, но ещё не выделилось в атмосферу. На практике большинство субприложений, связанных с оборудованием (например, для охлаждения или защиты от огня), скорее всего не доносят свой заряд вещества до потоков отходов, и общее количество вещества, содержащегося в работающем оборудовании, примерно равно факти-

ческому банку. Оценка размера банка приложения или субприложения обычно проводится путём оценки исторического потребления химического вещества

Иногда можно оценить размер банка на основании детализованной информации о текущем запасе оборудования или продукции. Хорошим примером служит мобильное кондиционирование воздуха, где автомобильная статистика может дать информацию о количестве автомашин по типу, возрасту и даже по наличию кондиционеров. Зная средний заряд, можно оценить банк без детального знания исторического потребления химических веществ.

7.1.2.2 Выбор метода

Как уже отмечалось, выбросы заменителей ОРВ можно оценивать разными способами, которые отличаются по сложности и по требованиям к данным. В этой главе будут рассмотрены методы уровня 1, использующие данные национального кадастра выбросов, а также более информационно-насыщенные методы уровня 2, для которых необходимо разгруппирование исходных данных на уровне субприложений.

Метод уровня 1

Получение данных об использовании ГФУ и ПФУ на уровне приложения в регионе может оказаться очень сложной проблемой. Это связано с отсутствием статистического учета межрегиональной торговли заменителями ОРВ и оборудованием и продуктами, в состав которых они входят. При этом доля ГФУ и ПФУ, которые поступают в регион в составе оборудования и продукции, значительно может быть значительно выше такой доли на национальном уровне. Поэтому, даже если удастся собрать данные о межрегиональной торговле ГФУ и ПФУ и использовании этих химических веществ в регионе, оценки выбросов, выполненные на основании этих данных, могут оказаться существенно заниженными.

В качестве метода уровня 1 в этом случае предлагается метод оценки выбросов от использования ГФУ и ПФУ на уровне приложения в регионе на основе оценки выбросов, выполненной в национальном кадастре выбросов парниковых газов. Доля региона в национальном выбросе при этом привязывается к доле населения страны, проживающей в этом регионе (уравнение 7.1).

Уравнение 7.1

Расчет выбросов химических веществ для приложения – уровень 1

$$\text{Годовые выбросы} = \text{Национальные Годовые выбросы} \bullet \text{Население региона}/\text{Население страны}$$

где:

Годовые выбросы = региональные выбросы определенного заменителя ОРВ от приложения, кг;

Национальные Годовые выбросы = выбросы того же заменителя ОРВ от того же приложения по данным национального кадастра выбросов парниковых газов, кг;

Население региона = численность населения региона, тыс. человек;

Население страны = численность населения страны, тыс. человек.

Метод уровня 1 позволяет достаточно грубо определять уровень выбросов от использования ГФУ и ПФУ в регионе. Он может использоваться для оценки выбросов в категориях, которые не являются ключевыми. Для оценки выбросов от ключевых категорий должен использоваться метод уровня 2.

Методы уровня 2 *– применение на уровне субприложения*

Метод уровня 2 предлагает расчет выбросов для каждого конкретного химического вещества и типа продукции или оборудования на уровне субприложения или в рамках субприложения.

Расчет по методу уровня 2 включают два основных этапа:

- Расчет или оценка временных рядов нетто-потребления отдельных ГФУ и ПФУ на относительно детализированном уровне продукции и оборудования (т.е. холодильники, другое оборудование для стационарного охлаждения /кондиционирования воздуха, пены, изоляционные панели, трубная изоляция и т.д.), чтобы установить объем потребления, который требуется для расчета выбросов;
- Оценка выбросов с использованием данных о деятельности и расчёт банка на основании результатов этапа (1) и коэффициентов выбросов, которые отражают выбросы для конкретных процессов, продукции и оборудования (уровень 2).

При этом метод уровня 2 оперирует на уровне разгруппирования характерном для субприложения.

Если необходимые данные известны, то для оценки выбросов от заменителей ОРВ рекомендуется применять метод уровня 2, особенно если субприложения в рамках приложения относительно сильно отличаются друг от друга. В российском национальном кадастре выбросов парниковых газов методика уровня 2 используется для расчета выбросов от охлаждения и кондиционирования воздуха. Выбросы от остальных приложений оцениваются по методике уровня 1. Доля выбросов от охлаждения и кондиционирования воздуха в суммарных выбросах от использования заменителей ОРВ в России составила в 2012г. 87%. Составителям регионального кадастра выбросов рекомендуется в первую очередь предпринять усилия для сбора детализированных данных, необходимых для расчета выбросов по методике уровня 2 от этого приложения.

Поскольку ГФУ и ПФУ только недавно вышли на рынок некоторых приложений, то относительный размер потребления в каждом приложении будет меняться и впредь, и эти данные следует регулярно обновлять.

В разделах 7.2 – 7.6 рассматривается применение этого метода к отдельным приложениям, использующим заменители ОРВ, а также особенности применения метода уровня 2 в каждом субприложении и существующие источники данных, необходимые для оценки выбросов.

В этом подходе необходимо иметь данные о количестве единиц оборудования или продукции, которые используют эти химические вещества, о среднем заряде, среднем сроке службы, интенсивности выбросов, рециклинге, удалении в отходы и других ха-

рактеристиках. Эту информацию обычно собирают на уровне отдельных групп продукции или оборудования (например, для жёстких пен это цельные оболочки, сплошные панели, составные панели, электроприборы и прочее). Годовые выбросы затем оценивают, как функцию этих параметров в течение срока службы единицы оборудования или продукта, путём умножения на коэффициенты выбросов для соответствующих фаз срока службы. Поскольку оборудование и продукты очень сильно отличаются по количеству используемых химических веществ, сроку службы и интенсивности выбросов, то сбор данных, необходимых для оценки выбросов, потребует больших ресурсов. Чем дольше срок службы оборудования или продукта и чем больше различаются типы оборудования и продукции в рамках одного субприложения, тем более детализированными должны быть источники данных для расчета выбросов. Этот подход может обеспечить точную оценку выбросов, если собранные данные позволяют надежно оценивать выбросы всех подлежащих учету химических веществ для всех фаз их использования в соответствующем оборудовании (уравнение 7.2).

Уравнение 7.2

Суммарное уравнение выбросов, основанное на фазах срока службы

Суммарные выбросы каждого ПФУ или ГФУ = Выбросы от сборки / производства +

+ выбросы от эксплуатации + выбросы от утилизации

где:

Выбросы от производства или сборки – это летучие выбросы, которые образуются в процессе первого заполнения оборудования химическое веществом или в процессе производства нового продукта;

Эксплуатационные выбросы от оборудования и продукции происходят в виде утечек или диффузии в течение фазы использования продукта или оборудования (включая техническое обслуживание). В некоторых случаях эксплуатационные выбросы могут быть высокие;

Выбросы от утилизации могут иметь место, когда наступает конец срока службы оборудования или продукта и их списывают и удаляют в отходы. В этом случае ГФУ/ПФУ, остающиеся в продукте или оборудовании, могут выделиться атмосферу, могут быть рециклированы или разрушены.

Для некоторых приложений в методе уровня 2 следует предусматривать развитие банков. Это может привести к усложнению расчетов на уровне субприложения, поскольку динамика изменения банков может сильно меняться.

Необходимость обновлять кадастр оборудования и продукции на ежегодной основе может оказаться самой трудной задачей для составителей кадастра, располагающих ограниченными ресурсами. Эта задача может быть немного облегчена, поскольку можно не собирать ежегодные цифры потребления химических веществ, если имеются исчерпывающие данные по другим торговым показателям (например, данные о производстве домашних холодильников т.д.). В некоторых странах и регионах торговые ассоциации могут быть очень важным источником подобных данных. В противном случае

придётся проводить собственные маркетинговые исследования или пользоваться услугами соответствующих специалистов.

7.1.2.3 Выбор коэффициентов выбросов

Для расчетов по методу уровня 2 необходимы коэффициенты выбросов. В общих чертах коэффициенты выбросов могут быть двух типов:

Коэффициенты выбросов, которые были выведены на основании фактических измерений для продукции или оборудования на уровне страны в течение различных фаз их срока службы (*национальные коэффициенты*), или

Коэффициенты выбросов, выведенные на основании более широкого мирового опыта применения субприложений (*коэффициенты МГЭИК по умолчанию).*

Выбор типа коэффициента выбросов будет зависеть от уровня однородности внутри субприложения, от зависимости коэффициентов выбросов от принятой в этой области практики, от роли банков и других национальных и региональных условий, в том числе от наличия ресурсов у разработчиков кадастра выбросов. В некоторых случаях приложение будет рассматриваться как полностью эмиссионное, при этом нетто-потребление для конкретного года будет равно оценке выбросов за этот год (например, многие аэрозольные продукты). В такой ситуации коэффициенты выбросов по умолчанию будут более чем достаточны. Однако в большинстве случаев использования заменителей ОРВ ожидается некоторая отсрочка выбросов. Соответственно коэффициенты выбросов должны быть более сложными, особенно на уровне субприложений (уровень 2).

Для методов уровня 2 составители кадастра должны знать особые условия применения субприложений в своих странах и регионах. Несмотря на то, что типы оборудования и продукции могут быть подобными во всём мире, коэффициенты выбросов могут сильно отличаться в течение срока службы продукции или оборудования. Эти отличия могут возникать в результате климатических факторов, методов строительства, нормативов и особенно от методов технического обслуживания оборудования. Другим фактором, который должен учитываться, является способ размещения отработанных продукции в конце их срока службы, что может оказывать огромное влияние на общее количество выбросов. В конце срока службы в системе может находиться 90% и более от исходного заряда химического вещества. Вопросы, связанные с коэффициентами выбросов, обсуждаются в разделах, посвящённых отдельным приложениям.

7.1.2.4 Выбор данных о деятельности

Сбор данных о деятельности заключается в сборе информации о нетто-потреблении за год каждого ГФУ/ПФУ для каждого субприложения и, там, где выбросы запаздывают во времени после потребления, о запасе ГФУ/ПФУ в банках. Данные о нетто-потреблении за год должны включать не только объемы продаж каждого ГФУ/ПФУ в крупных контейнерах, но и количество ГФУ/ПФУ в продуктах (таких как холодильники, кондиционеры, упаковочные материалы, изоляционные пены, огнетушители, аэрозоли и т. д.).

В Российской Федерации отсутствует статистический (в том числе таможенный) учет торговли, производства и использования в оборудовании и продуктах ГФУ и ПФУ. Поэтому такие данные невозможно получить напрямую, их можно оценить с помощью специального маркетингового исследования по оценке кадастра существующих единиц оборудования и продукции, в состав которых входят химические вещества, подлежащие учету. Эксперты также могут оказать помощь при формировании этих данных.

Составители кадастра могут проводить ежегодные исследования с целью обновления своих кадастров по различным типам оборудования/продукции. Альтернативой этому может быть расчет или оценка роста производства и потребления по каждому из рассматриваемых субприложений. Данные должны отражать новые единицы оборудования, а также старые или плохо работающие единицы, которые были списаны.

В *эффективной практике* всегда приветствуется получение данных о региональных годовых продажах от производителей или импортеров химических веществ. Самым лучшим источником данных о суммарном заряде нового оборудования, по-видимому, являются производители этого оборудования и торговые компании, которые его представляют. Для расчета суммарного заряда списываемого оборудования необходимо получить информацию или оценить (i) срок службы оборудования/продукта и (ii) либо (a) исторические продажи оборудования/продукта и исторический средний заряд или состав, либо (b) скорость роста таких продаж и размера заряда за отчётный период там, где такая информация известна за текущий год.

Как уже отмечалось в этом разделе, возможность получать необходимые национальные данные о деятельности и о банках на уровне региона может быть ограничена такими проблемами, как конфиденциальность, недостаток информации о компаниях, использующих ГФУ и ПФУ, а также о продуктах, содержащих ГФУ и/или ПФУ. Поэтому решение этих вопросов часто проще получить на национальном уровне. Следует отметить, что использование национальных или региональных данных не является выбором типа «или-или». Во многих случаях разработка общих региональных кадастров может опираться на сочетание данных из обоих источников. В любом случае, использование одного источника для проверки другого источника активно приветствуется в рамках *эффективной практики.*

7.1.2.5 Зависимость данных, представленных в настоящих Методических рекомендациях, от времени

Продукты и оборудование, в которых используются заменители ОРВ, со временем сильно изменились, и, по-видимому, будут меняться и дальше. Поэтому относительно данных о деятельности и коэффициентов выбросов, представленных в настоящих *Методических рекомендациях,* следует отметить, что данные о деятельности более изменчивы, чем коэффициенты выбросов. Соответственно любая информация о деятельности по умолчанию, которая здесь содержится, «постареет» быстрее и будет давать более высокую ошибку с течением времени, если не будут внесены поправки с учетом роста рынка. Там, где в будущем ожидается отказ от ОРВ, там использование неиз-

менных данных о деятельности может привести к очень высоким ошибкам в прогнозах выбросов.

7.1.2.6 Полнота

Необходимо вовремя выявлять все потенциальные приложения ГФУ и ПФУ. В таблице 7.1 перечислены основные ГФУ и ПФУ, которые следует учитывать, но этот список может оказаться неполным, особенно для компонентов смесей, которые нередко имеют сложный состав.

7.1.2.7 Оценка неопределённостей

Очень трудно сделать количественное определение неопределенности для ОРВ для отдельного года вследствие большого числа различных источников и разнообразия моделей выбросов. Для методов уровня 1, неопределенность будет отражать неопределенность оценки выбросов в национальном кадастре, а также неравномерность распределения оборудования и продукции, содержащих заменители ОРВ, в разных регионах России. Для метода уровня 2 неопределенность будет отражать полноту охвата оборудования и правильность коэффициентов выбросов, которые были разработаны для субприложений. Дальнейшая информация о неопределенностях будет представлена далее, в разделах, посвящённых шести приложениям.

7.2 НЕАЭРОЗОЛЬНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ

7.2.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

ГФУ в качестве растворителей сейчас применяются гораздо большем количестве, чем ХФУ-113 использовался до того, как от него отказались, а ПФУ и сейчас применяются очень редко в качестве растворителей. ГФУ/ПФУ растворители применяются в четырех основных областях:

- прецизионная чистка;
- чистка электроники;
- чистка металлических поверхностей;
- нанесение покрытий

ГФУ обычно применяют в форме азеотропных или других смесей для чистки растворителями. Чаще всего ГФУ-растворителем является ГФУ-43-10mee, иногда используются ГФУ-365mfc, ГФУ-245fa (как аэрозольный растворитель[29]), гептафторциклопентан (*Межправительственная, 2006*). Это позволяет найти баланс между эффективной чисткой и совместимостью с материалами изделия. Чистый растворитель не обладает чистящей силой ХФУ-113 из-за отсутствия атомов хлора в молекуле.

В целом перфтороуглероды применяются мало, поскольку они довольно инертны, имеют высокие ПГП и плохо растворяют масла – за исключением фторированных масел и фторированных консистентных смазок для равномерного нанесения этих материалов в качестве смазок при производстве накопителей на магнитных дисках.

---

[29] *Выбросы аэрозольных растворителей рассматриваются вместе с аэрозолями (см. раздел 7.3)*

В целом главные производители ПФУ перевели всех прежних потребителей ПФУ (для чистки) на использование ГФУ и гидрофторэфиров (ГФЭ).

7.2.2 Вопросы методологии

7.2.2.1 Выбор метода

Исторически выбросы от растворителей считались *мгновенными* выбросами, поскольку 100% химических веществ обычно улетает в атмосферу в течение двух лет после первого применения. (*Межправительственная, 2006*). Для того чтобы оценить выбросы в таких ситуациях, необходимо знать общее количество каждого вида ГФУ и ПФУ, проданного в каждом году в качестве растворителя. Выбросы ГФУ и ПФУ от использования растворителей в году t можно рассчитать следующим образом.

Уравнение 7.3

Метод оценки выбросов от использования растворителей

$$\text{Выбросы}_t = S_t \bullet EF + S_{t-1} \bullet (1 - EF) - D_{t-1}$$

где:

Выбросы_t = выбросы в году *т*, кг;

S_t = количество растворителей, проданных в году *t*, кг;

S_{t-1} = количество растворителей, проданных в году *t-1*, кг;

EF = коэффициент выбросов (= доля веществ, выброшенных в атмосферу от растворителей в первый год использования), дробь;

D_{t-1} = количество растворителей, разрушенных в году *t-1*, кг.

В таблице 7.1 перечислены ГФУ и ПФУ, которые могут использоваться в качестве растворителей. Способ расчета, представленный уравнением 7.3, можно применять для метода уровня 2, основанного на коэффициентах выбросов. Следует отметить, что уравнение 7.3 предполагает полные выбросы растворителя в течение двух лет независимо от применяемого коэффициента выбросов в году t. Растворители, извлечённые и затем разрушенные, учитываются, но это нехарактерная практика по причине высокой стоимости этих химических веществ.

7.2.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Коэффициент выбросов EF представляет долю вещества, выброшенного в атмосферу в результате использования растворителей в году t. Срок службы продукта, приравнивается к двум годам, и поэтому любое количество, которое не выделилось в течение первого года, по определению выделяется в течение второго (и вероятно) последнего года.

При отсутствии национальных данных, в рамках *эффективной практики* для выбросов от использования растворителей применяют коэффициент выбросов по умолчанию равный 50% от первоначального заряда в год (*Межправительственная, 2006*).

Модификации методов с целью учета извлечения и рециклинга растворителей применимы в том случае, если имеется достоверная информация. ГФУ и ПФУ раство-

рители можно извлекать и подвергать рециклингу многократно по причине их высокой стоимости.

7.2.2.3 Выбор данных о деятельности

Уравнение 7.5 следует использовать для каждого химического вещества по отдельности и, в зависимости от разгруппирования доступных данных, оно может быть пригодно для оценки нетто-потребления каждого химические вещества в субприложении (уровень 2). Данные о деятельности, насколько возможно, следует собирать от поставщиков растворителей или пользователей. В большинстве стран конечные пользователи очень разные, и поэтому подход, ориентированный на поставщиков, представляется более целесообразным.

7.2.2.4 Полнота

Полнота зависит от наличия данных о деятельности. Составителям кадастра в регионах, не имеющих внутреннего производства растворителей, может потребоваться помощь экспертов для оценки данных о деятельности, поскольку статистика импорта (ввоза) может оказаться неполной.

Имеется вероятность двойного учёта в в отношениикиспользования ГФУ и ПФУ в электронной промышленности. Кроме того, во избежание двойного учета следует быть особенно внимательным в тех случаях, когда ГФУ и ПФУ, применяемые как растворители, входят в состав аэрозолей. Должны быть установлены ясные правила учёта таких растворителей. Обычно *эффективная практика* предусматривает учет этих видов использования как потребление аэрозолей, чтобы избежать проблем с разграничением между растворителями и пропеллентами, особенно когда один и тот же растворитель выполняет обе функции. Этот вопрос будет рассмотрен далее в разделе 7.3.

7.2.2.5 Оценка неопределённостей

Допущение о том, что весь растворитель может улететь в атмосферу в течение приблизительно двух лет (50% в течение года t и 50% в течение года t+1) широко одобрено экспертами как вполне разумное предположение *(Межправительственная, 2006*). Считается, что данные о деятельности на уровне приложения надежные вследствие небольшого числа производителей химических веществ, высокой цены растворителей и того, что в большинстве приложений 100% улетает в атмосферу со временем. Однако неопределенность на уровне субприложения будет в большой степени зависеть от качества данных, полученных от пользователей, и полноты охвата пользователей.

7.3 АЭРОЗОЛИ (ПРОПЕЛЛЕНТЫ И РАСТВОРИТЕЛИ)

7.3.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

Большинство аэрозольных упаковок содержит углеводород (УВ) в качестве пропеллента, при этом ПФУ и ГФУ могут использоваться в виде небольшой добавки в качестве пропеллентов и растворителей. Выбросы от аэрозолей обычно происходят вскоре после их производства, в среднем через 6 месяцев после продажи. Однако период между

производством и продажей может сильно меняться в зависимости от субприложения. В процессе использования аэрозолей 100% химических веществ улетает в атмосферу (*Межправительственная, 2006*). Имеется 5 основных субприложений (*Межправительственная, 2006*):

- дозированные ингаляторы (медицинские аэрозоли) (ДИ);
- средства личной гигиены (например, средства для ухода за волосами, дезодоранты, кремы для бритья);
- бытовая химия (например, освежители воздуха, чистящие средства для духовых шкафов и тканей);
- товары для промышленности (специальные чистящие спреи, например, для работающих электрических контактов, смазки, аэрозоли для замораживания труб);
- другие продукты общего назначения (например, аэрозольный серпантин (silly string), насосы для шин, клаксоны).

В таблице 7.1 перечислены ГФУ, которые в настоящее время используются как пропелленты – ГФУ-134a, ГФУ-227ea и ГФУ152a. В качестве растворителей в аэрозольных продуктах промышленного назначения применяются ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc, ГФУ-43-10mee и ПФУ (перфторгексан). Из них ГФУ-43-10mee используется наиболее широко.[30] Предполагается, что ГФУ-365mfc также найдёт широкое применение в ближайшем будущем.

7.3.2 Вопросы методологии

7.3.2.1 Выбор метода

Аэрозольные выбросы считаются *мгновенными,* поскольку весь первоначальный заряд улетает в течение 1-2 лет после производства, как правило, в течение 6 месяцев после продажи для большинства субприложений. Следовательно, чтобы оценить выбросы, необходимо знать суммарное количество, первоначально заряженное в контейнер до продажи. Выбросы каждого отдельного аэрозоля в году *t* можно рассчитать по следующему уравнению:

Уравнение 7.4

Метод оценки выбросов от использования аэрозолей

$$\text{Выбросы}_t = S_t \bullet EF + S_{t-1} \bullet (1 - EF)$$

где:

Выбросы_t = выбросы в году т, кг;

S_t = количество ГФУ и ПФУ, содержащееся в аэрозольных продуктах, проданных в году *t,* кг;

S_{t-}= количество ГФУ и ПФУ, содержащееся в аэрозольных продуктах, проданных в году *t-1*, кг;

---

[30] *ГФУ-43-10 т.е. используется как растворитель, но учитывается как аэрозоль, если поставляется в аэрозольных баллонах.*

EF = коэффициент выбросов (= доля вещества, выброшенного в атмосферу в первый год использования), дробь.

Это уравнение следует применить к каждому аэрозолю. Насколько возможно, данные о деятельности следует собирать прямо от производителей или дистрибьюторов аэрозолей, лучше всего на уровне субприложений, чтобы воспользоваться методом 2. Поскольку считается, срок службы продукта не превышает двух лет, то любое количество, которое не выделилось в течение первого года, по определению выделяется в течение второго (последнего) года. В действительности, большая часть выбросов происходит в течение первого года после продажи, однако уравнение 7.4 справедливо учитывает время задержки между датой производства и временем продажи и использования. В отличие от ситуации с растворителями, здесь не требуется учитывать извлечение, рециклинг или разрушение, поскольку это возможно только тогда, когда у продукта на складе истекает срок хранения. При нормальном управлении поставками это очень редкое событие.

7.3.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Эффективная практика предусматривает использование коэффициента выбросов по умолчанию равного 50% от первоначального заряда в год для аэрозольной продукции.

Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности для этого приложения можно собирать на уровне субприложения, опираясь на данные от поставщиков или пользователей в зависимости от доступности и качества данных (уровень 2). Сбор данных от пользователей требует знания количества аэрозольных продукции, проданных на уровне субприложения (например, количество дозированных ингаляторов, продукции для ухода за волосами и насосов для шин) и средний заряд контейнера. Суммарное использование аэрозольных продукции в течение года можно рассчитать, как количество аэрозольных продукции, проданных в регионе в течение года, умноженное на заряд ГФУ каждого продукта.

7.3.2.3 Полнота

Полнота зависит от доступности данных о деятельности по каждому подотчётному веществу. В разделе 7.3.1 (и в таблице 7.1) представлены ГФУ и ПФУ, используемые в приложении в настоящее время. Составителям кадастра, возможно, потребуется помощь экспертов для оценки данных о деятельности, поскольку эта информация может быть неполной (см. главы 2 и 3 общего раздела Методических рекомендаций), особенно в том, что качается содержания пропеллентов и растворителей в продуктах.

7.3.2.4 Оценка неопределённостей

Объем использования ГФУ в секторе аэрозолей общего назначения, как правило, больше, чем в секторе ДИ. Возможность получения надежных данных для сектора ДИ существенно выше, чем для сектора аэрозолей общего назначения. Если при составлении отчета отсутствуют надежные данные об аэрозолях общего назначения, то это мо-

жет привести к завышению или занижению оценок выбросов с коэффициентом от 1/3 до 3.

7.4 ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ

7.4.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

ГФУ все больше и больше используются для замены ХФУ и ГХФУ в пенах и, особенно, в теплоизоляционных материалах. В таблице 7.1 представлены вещества, которые используются в настоящее время – это HFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-227ea, HFC-134a, и HFC-152a. Процессы и приложения, в которых применяются эти ГФУ, представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Использование ГФУ для вспенивания

Тип пор	Субприложение	ГФУ-пенообразователи			
		ГФУ-134a	ГФУ-152a	ГФУ-245fa	ГФУ-365mfc (+ ГФУ-227ea)
Открытые	ПУ[1] эластичные пены				
	ПУ эластичные формованные пены				
	ПУ пены в виде цельной оболочки	X		X	
	ПУ однокомпонентные пены	X	X		
Закрытые	ПУ сплошные панели	X		X	X
	ПУ составные панели	X		X	X
	ПУ пены для электроприборов	X		X	X
	ПУ пены, формуемые методом впрыска	X		X	X
	ПУ сплошные блоки			X	X
	ПУ составные блоки			X	X
	ПУ сплошной ламинат			X	X
	ПУ распыляемая пена			X	X
	ПУ труба-в-трубе	X		X	X
	Экструдированный полистирол	X	X		
	Фенольный блок			X	X
	Фенольный ламинат			X	X

[1] *полиуретановый*

Пены с открытыми порами используются для выпуска такой продукции, как мягкая мебель, матрасы, автомобильные сиденья, а также для формованной продукции, такой как рулевые колеса автомобилей или офисная мебель. Пены с закрытыми порами применяются в основном в теплоизоляционных изделиях, в которых теплопроводность газа, выбранного в качестве вспенивателя ниже, чем у воздуха. Это свойство вспенивателя используется для придания изделию теплоизолирующих свойств на весь срок службы.

7.4.2 Вопросы методологии

Для расчета выбросов от пен с закрытыми порами (ПЗП) представлено уравнение 7.5. Это уравнение учитывает выбросы от производства, эксплуатации и при списании в отходы. Предлагается также учитывать извлечение и разрушение ГФУ в процессе списания, если такие данные известны.

Уравнение 7.5

Подход, основанный на коэффициентах выбросов для пен

$$Выбросы_t = M_t \bullet EF_{fyl} + Bank_t \bullet EF_{al} + DL_t - RD_t$$

где:

$Выбросы_t$ = выбросы от пен с закрытыми порами в году t, кг;

M_t = общее количество ГФУ, использованного при производстве ПЗП в году t, кг;

EF_{fyl} = коэффициент выбросов для потерь в первом году, дробь;

$Bank_t$ = заряд ГФУ, в пенах с закрытыми порами, выпущенных между годом *t* и t-n, кг;

EF_{al} = коэффициент ежегодных выбросов в результате утечек, дробь;

DL_t = потери при списании в году *t (*потери химического вещества в конце срока службы, которые происходят, когда продукт/оборудование выбрасывают); Эти потери рассчитывают по количеству оставшегося химического вещества и коэффициенту потерь в конце срока службы, который зависит от типа обработки после списания[31], кг;

RD_t = выбросы ГФУ, предотвращенные путем извлечения или разрушения пен и их вспенивателей в году *t, кг*;

n = срок службы ПЗП;

t = текущий год;

(t-n) = совокупный период, в течение которого ГФУ может сохраняться в пене.

Соответственно, если тип пены не известен, то уравнение 7.5 следует применять к каждому химическому веществу и каждому большому субприложению при расчете по методу уровня 2.

Поскольку, в рамках общего приложения (пены), графики выбросов сильно отличаются в зависимости от субприложений, то большое значение будет иметь использование по возможности метода уровня 2. Однако на практике трудности с получением детализированных данных о торговле вспененными материалами, а также трудности определения вспенивателей в составе уже изготовленных пен делают метод, основанный на региональных данных о деятельности, малопригодным для применения на уровне субприложения. Признавая трудности, связанные с получением разгруппированных данных о деятельности и соответствующих коэффициентов выбросов, можно

---

[31] *Большинство процедур списания не приводят к полному выбросу всего оставшегося вспенивателя. Было показано, что даже при пропускании через открытый автоизмельчитель улетает менее 50% остающегося вспенивателя (Межправительственная, 2006). Соответственно, банки вспенивателей могут расти и далее вместе с потоками отходов (например, захоронений) – см. раздел 7.4.2.1.*

предложить расчет выбросов на уровне приложения и использование параметров расчета по умолчанию МГЭИК (*Межправительственная, 2006*) (таблица 7.3)

Дополнительной характеристикой кадастров пен является то, что значительная часть выбросов происходит от ПЗП в точке списания или позднее. Следовательно, составители кадастра должны более тщательно исследовать практику вывода из эксплуатации и возможную практику по извлечению или разрушению вспенивателей. Соответственно, методы должны предполагать полное выделение в атмосферу вспенивателей при списании, только если имеются ясные доказательства в пользу этого; в общем случае следует относить эти выбросы к последующим годам, основываясь на более правильном графике выбросов. Поэтому соответствующие колонки в таблицах 7.4 и 7.5 представляют максимальные потенциальные потери. На практике эти выбросы, вероятно, растянуты на многие годы после списания.

7.4.2.1 Выбор метода

Пены с открытыми порами. Поскольку ГФУ, которые используются для вспенивания ПОП, улетают мгновенно, то выбросы почти во всех случаях будут происходить там, где они производятся. Единственным исключением являются однокомпонентные пены (например, монтажные пены), когда заполненный контейнер производится в одном регионе (стране), но выбросы могут происходить в другом регионе (стране), поскольку контейнеры можно продать и увезти в другое место. Выбросы рассчитывают по следующему уравнению:

Уравнение 7.6

Метод расчета выбросов для пен с открытыми порами

$$\text{Выбросы}_t = M_t$$

где:

Выбросы$_t$ = выбросы от ПОП в году t, кг;

M_t = общее количество ГФУ, использованного при производстве новых ПОП в году *t*, кг.

Это уравнение следует применять для каждого химического вещества, используемого в ПОП. Несмотря на то, что расчет выбросов выполняется аналогично для ПОП-приложений, рекомендуется использовать разгруппированный метод уровня 2, чтобы правильно учесть выбросы от производства и потребления однокомпонентных пен. В этом случае необходимо учитывать объемы производства в регионе, а также ввоз в регион и вывоз из региона однокомпонентных пен.

Пены с закрытыми порами. Выбросы от ПЗП происходят в трех точках, которые отражены в уравнении 7.5:

Потери первого года от производства: эти выбросы происходят по месту производства продукта.

Ежегодные потери (утечки): ПЗП теряют часть своего первоначального заряда каждый год до списания. Эти выбросы происходят по месту использования продукта.

Потери при снятии с эксплуатации (списании): эти выбросы также происходят по месту использования продукта.

Для применения метода, который охватывает эти три фазы, необходимо собрать текущие и исторические данные о ежегодных продажах ГФУ для производства пен для всего периода, когда ГФУ были использованы в этом приложении, вплоть до среднего срока службы ПЗП включительно (50 лет). Ввоз в регион и вывоз из региона вспененных материалов, которые включают ГФУ, также должны быть учтены.

Даже если методы извлечения и разрушения не практикуются, все равно маловероятно, чтобы весь вспениватель выделился в атмосферу к концу срока службы, особенно если пены остаются нетронутыми при захоронении. В этих условиях значительная часть вспенивателя остается в потоках отходов, образуя дополнительный *банк* выбросов. Поскольку интенсивность выбросов такого банка будет ниже 100%, уравнение 7.5 даст завышенную оценку выбросов. Хотя можно предусмотреть пятый член уравнения 7.5 для этого компонента выбросов, считается, что это не играет роли, потому что в ближайшие 10 – 20 лет использование пен, содержащих ГФУ, не достигнет этой фазы.

7.4.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

В таблицах 7.4 (Коэффициенты выбросов по умолчанию для ГФУ-134а/ГФУ-152а (субприложения для пен)) и 7.5 (Коэффициенты выбросов по умолчанию для ГФУ-245а/ГФУ-365mfc/ГФУ-227еа (субприложения для пен)) представлены предположительные коэффициенты выбросов по умолчанию для наиболее важных современных приложений ПЗП. Для использования этих коэффициентов необходимы данные о количестве ГФУ, использованных на производство пен, а также количество ГФУ, ввезенных в регион и вывезенных из региона в составе готового продукта. Желательно, чтобы эти данные были на уровне субприложения как для исторического, так и для текущего потребления, чтобы правильно определить банк ГФУ, находящийся в оборудовании/продуктах.

Таблица 7.3 – Коэффициенты выбросов ГФУ по умолчанию для пен с закрытыми порами

Коэффициент выбросов	Значения по умолчанию
Срок службы продукта	n = 20 лет
Потери первого года	10% от исходного заряда ГФУ в год, хотя значение может упасть до 5%, если в процессе производства применяется рециклинг
Ежегодные потери	4,5% от исходного заряда ГФУ в год
	Источник: *Межправительственная, 2006*

Таблица 7.4 – Коэффициенты выбросов по умолчанию для ГФУ-134а/ГФУ-152а (субприложения для пен)

Субприложение	Срок службы продукта, годы	Потери первого года, %	Ежегодные потери, %	Максимальные потенциальные потери в конце срока службы, %
Полиуретан – цельная оболочка	12	95	2,5	0
Полиуретан – сплошная панель	50	10	0,5	65
Полиуретан – составная панель	50	12,5	0,5	62,5
Полиуретан – электроприборы	15	7	0,5	85,5
Полиуретан – формование методом впрыска	15	12,5	0,5	80
Однокомпонентная пена	50	95	2,5	0
Экструдированный полистирол–ГФУ-134а	50	25	0,75	37,5
Экструдированный полистирол–ГФУ-152а	50	50	25	0
Экструдированный полиэтилен	50	40	3	0
Источник: *Межправительственная, 2006*				

Таблица 7.5 – Коэффициенты выбросов по умолчанию для ГФУ-245а/ГФУ-365mfc/ГФУ-227еа (субприложения для пен)

Субприложение	Срок службы, годы	Потери первого года, %	Ежегодные потери, %	Максимальные потенциальные потери в конце срока службы, %
Полиуретан – сплошная панель	50	5	0,5	70
Полиуретан – составная панель	50	12	0,5	63
Полиуретан – электроприборы	15	4	0,25	92,25
Полиуретан – формование методом впрыска	15	10	0,5	82,5
Полиуретан – сплошная панель	15	20	1	65
Полиуретан – составные блоки для трубных секций	15	45	0,75	43,75
Полиуретан – составные блоки для панелей	50	15	0,5	60
Полиуретан – сплошной ламинат/доски	25	6	1	69
Полиуретан – спреи	50	15	1,5	10
Полиуретан – труба-в-трубе	50	6	0,25	81,5
Полиуретан – составной блок	15	45	0,75	43,75
Фенольный полимер – комбинированный ламинат	50	10	1	40
Полиуретан – цельная оболочка	12	95	2,5	0
Источник: *Межправительственная, 2006*				

Если известны только сгруппированные данные на уровне приложения ПЗП, а сведения об отдельных типах пен не доступны, то для расчета можно использовать общий коэффициент выбросов по умолчанию из таблицы 7.3.

Использование этих коэффициентов выбросов по умолчанию дает 90% выбросов от первоначального заряда в течение 20 лет использования после того, как 10% улетело в первый год.

7.4.2.3 Выбор данных о деятельности

Для оценки выбросов необходимы данных о деятельности двух типов:

- количество химических веществ, использованных для производства пены в регионе;
- количество химических веществ, содержащихся в пене, ввезенной в регион и вывезенной из региона.

Производство пен

В Российской Федерации для производства вспененных материалов с 2000г. используется ГФУ-134а, с 2010 – ГФУ-365mcf в смеси с ГФУ-227еа. ГФУ-245а используется в крайне незначительных количествах (Российская, 2006 –…). Кроме того, используются другие вспениватели: углеводородные (циклопентан, изобутан и др.), вспениватели на основе воздуха и диоксида углерода, в значительных количествах используются гидрохлорфторуглероды (ГХФУ-141b, ГХФУ-22). ГФУ могут использоваться в производстве экструдированного пенополистирола, однокомпонентных (монтажных) пен, жестких пенополиуретанов.

В настоящее время на российском рынке экструдированного пенополистирола по разным оценкам, насчитывается около 40 производителей. В таблице 7.6 представлены основные предприятия по производству экструдированного пенополистирола (ABARUS Market Research, 2010).

Как правило, в России большая часть эластичного пенополиуретана используется в мебельной промышленности, некоторое количество расходуется в автомобиле– и авиастроении. Для производства теплоизоляции используется жесткий пенополиуретан, что составляет около 30% выпуска пенополиуретана. Из них лишь 40% поступает непосредственно на производство пенополиуретановых теплоизоляционных плит.

Выпуск теплоизоляции ППУ, как плит и сегментов, так и напыления производится следующими предприятиями: Рошальской индустриальной фирмой «Аметист» (Московская область), «Блокформом» (г.Владимир), «Интреформом-СПб», ОАО «Ижевский Завод Пластмасс», ФКП «Пермский Пороховой Завод», «Химэкс-Пласт» (Саратовская область) и многими другими производителями.

Данные об объемах производства вспененных материалов и использовании ГФУ (или доли вспененных материалов, произведенных с использованием ГФУ) можно получить от компаний производителей. Российская статистика учитывает производство пенополистирола и пенополиуретана в целом (без детализации по видам), поэтому данные региональной статистики не могут быть использованы для оценки выбросов.

Таблица 7.6 – Основные производители экструдированного пенополистирола

Название предприятия	Торговая марка	Год регистрации	Регион	Мощности, тыс.куб.м
«Пеноплэкс»: ООО «ПО Пеноплэкс Северо-Запад»	Пеноплэкс	2001	г. Кириши (Ленинградская обл.)	1750 600
ООО «ПО Пеноплэкс Пермь»	Пеноплэкс	2004	г. Пермь	500
ООО «ПО Пеноплэкс Новосибирск»	Пеноплэкс	2006	г. Новосибирск	350
ООО «ПО Пеноплэкс Юг»	Пеноплэкс	2007	г. Таганрог	300
ТехноНИКОЛЬ: ООО «Завод Технопленкс»	Технопленкс	2006	г. Рязань	820 250
Филиал «Завод Технопленкс»	Технопленкс	2006	г. Учалы	270
Филиал «Завод Технопленкс»	Технопленкс	2009	г. Юрга	100
Филиал «Завод Технопленкс»	Технопленкс	2008	г. Минводы	100
Филиал «Завод Технопленкс»	Технопленкс	2008	г. Новоульяновск	100
ООО «Завод Пенополистирольных плит» (Dow Chemical)	Styrofoam	2002	п. Крюково (Московская обл.)	250
ООО «Урса-Серпухов»	URSA XPS	2008	г. Серпухов (Московская обл.)	240
ООО «Промхимпласт»	Примаплекс	1996	г. Костерево (Владимирская обл.)	200
Экстрол: ООО «Завод Экструзионных материалов Экстрол»	Экстрол	2005	г. Ревда (Свердловская обл.)	300 230
ООО «Завод Строительных материалов Экстрол»	Экстрол	2007	г. Новосибирск	70
ООО «Теплекс»	Теплекс	2005	г. Нижний Новгород	180
ОАО «Химический Завод им. Карпова»	Тимплекс	–	г. Менделеевск (Татарстан)	110
ООО «Химзавод ЭПП»	Экстрапен	2003	г. Реж (Свердловская обл.)	100

Если отсутствуют данные о доле вспененных материалов, произведенных с использованием ГФУ, можно принять эту долю равной 20% для экструдированного пенополистирола и 10% для жесткого пенополиуретана. Содержание ГФУ-134а по весу в жестком пенополиуретане составляет 3%, в экструдированном пенополистироле – 6,5% (Российская, 2006 –…..).

Стандартная плотность экструдированного пенополистирола составляет 40 кг/ м^3 (ABARUS Market Research, 2010).

Данные об историческом потреблении необходимы для построения адекватной картины развития банков вспенивателей. Если исторические данные об объемах продаж в регионе не доступны, можно воспользоваться методами интерполяции или замещения (см. том 1) для оценки этих данных и построения банков ГФУ в регионе. Однако это не относится к ПОП, которые теряют свой вспениватель в течение первого года. Для ПОП

все выбросы происходят в процессе производства, за исключением подсектора однокомпонентных (монтажных) пен, о чем речь шла выше.

Данные о межрегиональной торговле, экспорте и импорте ПЗП

Составители кадастра в регионах должны вычесть объемы вывезенных из региона ПЗП из своих расчетов годовых банков и потерь в конце срока службы, поскольку выбросы в период использования будут происходить в другом регионе или стране. Данные о межрегиональной торговле и экспорте ПЗП можно узнать у крупных производителей или воспользоваться услугами специалистов по маркетинговым исследованиям.

Аналогично, составители кадастра в регионах должны включить объемы ввезенных в регион ПЗП в расчеты банков и потерь в конце срока службы. Выбросы от ввозимых продукции должны быть учтены в общей оценке ежегодных выбросов от накопленного банка ГФУ в пенах.

7.4.2.4 Полнота

По крайней мере, шестнадцать потенциальных субприложений и пять потенциальных химических веществ, применяемых в качестве вспенивателей (HFC-134a, HFC-152a, HFC-245fa, HFC-365mfc и HFC-227ea), было выявлено в секторе пен. Для обеспечения полноты составители кадастра должны определить, применяются ли ГФУ-вспениватели в каждом из субприложений в их регионе.

7.4.2.5 Оценка неопределённостей

Данные о текущих продажах показывают, что мировые оценки имеют точность 10%, а национальная информация об использовании ГФУ в пенах может иметь неопределенность более 50%. Следует отметить, что расчет общих выбросов за год лишь частично зависит от точности оценки потребления новых пен в этом году. Остальная часть выбросов происходит от вспенивателей из банков установленных пен и пен, выведенных из эксплуатации в этом году. Оценка этих вкладов будет фундаментально зависеть от точности исторических данных о потреблении.

Коэффициенты выбросов повышают неопределенность, особенно если применяются только коэффициенты выбросов по умолчанию. Поскольку списание во многих случаях служит пусковым механизмом для огромного количества выбросов, то допущения, связанные с дальнейшей судьбой продукта после списания, вносят самую большую неопределенность. Поэтому очень важно, чтобы составители кадастра сохраняли записи своих оценок ГФУ-содержащей продукции и по возможности разрабатывали механизм мониторинга фактического вывода из эксплуатации.

7.5 КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА И ОХЛАЖДЕНИЕ

7.5.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

Системы кондиционирование воздуха и охлаждения (КВО) можно подразделить на шесть категорий или субприложений (*Межправительственная, 2006*):

- бытовое охлаждение;
- коммерческое охлаждение, включая различные типы оборудования, от торговых автоматов до централизованных систем охлаждения в супермаркетах;
- промышленные процессы, включая чиллеры, холодные хранилища и промышленные охладители, применяемые в пищевой, нефтехимической и других отраслях;
- охлаждение на транспортных средствах, включая оборудование и системы, применяемые в рефрижираторных грузовых машинах, контейнерах, судах-рефрижераторах и вагонах-рефрижераторах;
- стационарное кондиционирование, включая системы воздух-воздух, тепловые насосы и чиллеры для зданий и жилых домов;
- мобильные системы кондиционирования, используемые в автомобилях, кабинах тракторов, автобусах и поездах.[32]

Во всех этих субприложениях ГФУ активно вытесняют ХФУ и ГХФУ. Например, в развитых и некоторых развивающихся странах ГФУ-134а уже заменил ХФУ-12 в домашних холодильниках, чиллерах высокого давления и автомобильных кондиционерах, а смеси ГФУ, такие как R-407C (ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134а) и R-410A (ГФУ-32/ГФУ-125), заменяют ГХФУ-22 главным образом в стационарных системах кондиционирования вохдуха. ГФУ-смеси R-404A (ГФУ-125/ГФУ-143а/ГФУ-134а) и R-507A (ГФУ-125/ГФУ-143а) заменили R-502 (ХФУ-22/ХФУ-115) и ГХФУ-22 в коммерческих и промышленных холодильных установках. Для замены ХФУ и ГХФУ используются не только ГФУ, но также изобутан (УВ-600а) в домашнем охлаждении и аммиак в промышленном охлаждении.

Большое количество смесей, содержащих ГФУ и/или ПФУ, используется для КВО. В таблице 7.7. показаны наиболее распространенные смеси.

---

[32] *Субприложение систем мобильного кондиционирования воздуха, вероятно, представляет самую большую часть выбросов ГФУ в рамках приложения КВО во многих странах. См. раздел 7.5.2.4 (Применение методов уровня 2) – пример мобильного кондиционирования воздуха (МКВ) в качестве примера расчета таких выбросов. Очевидно, что для получения приблизительной цифры этих выбросов необходима лишь ограниченная информация, и процесс сводится к простому умножению среднего коэффициента выбросов на количество машин с ГФУ-кондиционированием и, возможно, добавлению выбросов, относящихся к содержанию, заряду и списанию контейнера.*

Таблица 7.7 – Смеси (многие из которых содержат ГФУ и/или ПФУ)

Смесь	Компоненты	Состав (%)
R-400	ХФУ-12/ХФУ-114	Подлежит уточнению[1]
R-401A	ГХФУ-22/ГФУ– 152a/ГХФУ-124	(53,0/13,0/34,0)
R-401B	ГХФУ-22/ГФУ– 152a/ГХФУ-124	(61,0/11,0/28,0)
R-401C	ГХФУ-22/ГФУ– 152a/ГХФУ-124	(33,0/15,0/52,0)
R-402A	ГФУ-125/УВ-290/ГХФУ-22	(60,0/2,0/38,0)
R-402B	ГФУ-125/УВ-290/ГХФУ-22	(38,0/2,0/60,0)
R-403A	УВ-290/ГХФУ-22/ПФУ-218	(5,0/75,0/20,0)
R-403B	УВ-290/ГХФУ-22/ПФУ-218	(5,0/56,0/39,0)
R-404A	ГФУ-125/ГФУ-143a/ГФУ-134a	(44,0/52,0/4,0)
R-405A	ГХФУ-22/ ГФУ-152a/ ГХФУ-142Ь/ПФУ-318	(45,0/7,0/5,5/42,5)
R-406A	ГХФУ-22/УВ-600a/ГХФУ-142b	(55,0/14,0/41,0)
R-407A	ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134a	(20,0/40,0/40,0)
R-407B	ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134a	(10,0/70,0/20,0)
R-407C	ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134a	(23,0/25,0/52,0)
R-407D	ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134a	(15,0/15,0/70,0)
R-407E	ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134a	(25,0/15,0/60,0)
R-408A	ГФУ-125/ГФУ– 143a/ГХФУ-22	(7,0/46,0/47,0)
R-409A	ГХФУ-22/ГХФУ-124/ГХФУ-142b	(60,0/25,0/15,0)
R-409B	ГХФУ-22/ГХФУ-124/ГХФУ-142b	(65,0/25,0/10,0)
R-410A	ГФУ-32/ГФУ-125	(50,0/50,0)
R-410B	ГФУ-32/ГФУ-125	(45,0/55,0)
R-411A	УВ-1270/ГХФУ-22/ГФУ-152a	(1,5/87,5/11,0)
R-411B	УВ-1270/ГХФУ-22/ГФУ-152a	(3,0/94,0/3,0)
R-411C	УВ-1270/ГХФУ-22/ГФУ-152a	(3,0/95,5/1,5)
R-412A	ГХФУ-22/ПФУ-218/ГХФУ-142Ь	(70,0/5,0/25,0)
R-413A	ПФУ-218/ГФУ– 134a/УВ-600a	(9,0/88,0/3,0)
R-414A	ГХФУ-22/ГХФУ-124/УВ-600a/ГХФУ-142b	(51,0/28,5/4,0/16,5)
R-414B	ГХФУ-22/ГХФУ-124/УВ-600a/ГХФУ-142b	(50,0/39,0/1,5/9,5)
R-415A	ГХФУ-22/ГФУ-152a	(82,0/18,0)
R-415B	ГХФУ-22/ГФУ-152a	(25,0/75,0)
R-416A	ГФУ-134a/ГХФУ-124/УВ-600	(59,0/39,5/1,5)
R-417A	ГФУ-125/ГФУ– 134a/УВ-600	(46,6/50,0/3,4)
R-418A	УВ-290/ГХФУ-22/ГФУ-152a	(1,5/96,0/2,5)
R-419A	ГФУ-125/ГФУ-134a/НЕ-Е170	(77,0/19,0/4,0)
R-420A	ГФУ-134a/ГХФУ-142b	(88,0/12,0)
R-421A	ГФУ-125/ГФУ-134a	(58,0/42,0)
R-421B	ГФУ-125/ГФУ-134a	(85,0/15,0)
R-422A	ГФУ-125/ГФУ-134a/УВ-600a	(85,1/11,5/3,4)
R-422B	ГФУ-125/ГФУ– 134a/УВ-600a	(55,0/42,0/3,0)
R-422C	ГФУ-125/ГФУ– 134a/УВ-600a	(82,0/15,0/3,0)
R-500	ХФУ-12/ГФУ-152a	(73,8/26,2)
R-501	ГХФУ-22/ХФУ-12	(75,0/25,0)
R-502	ГХФУ-22/ХФУ-115	(48,8/51,2)
R-503	ГФУ-23/ХФУ-13	(40,1/59,9)
R-504	ГФУ-32/ХФУ-115	(48,2/51,8)

Смесь	Компоненты	Состав (%)
R-505	ХФУ-12/ГХФУ-31	(78,0/22,0)
R-506	ХФУ-31/ХФУ-114	(55,1/44,9)
R-507A	ГФУ-125/ГФУ-143а	(50,0/50,0)
R-508A	ГФУ-23/ПФУ-116	(39,0/61,0)
R-508B	ГФУ-23/ПФУ-116	(46,0/54,0)
R-509A	ГХФУ-22/ПФУ-218	(44,0/56,0)

Источник: Межправительственная, 2006

Серым цветом выделены основные хладоновые смеси, которые широко используются в Российской Федерации. Использование других смесей носит ограниченный характер и может не учитываться в региональном кадастре.

Не все компоненты смесей следует учитывать в кадастрах парниковых газов. Перечень учитываемых газов – см. в общей части Методиеских рекомендаций.

7.5.2 Вопросы методологии

7.5.2.1 Выбор метода

Доля выбросов от этого приложения в настоящее время составляет более 80% от суммарного выброса ГФУ и ПФУ от использования заменителей ОРВ. Использование ГФУ в этом приложении в России в настоящее время растет, что связано с постепенным отказом от использования ГХФУ. В случае нехватки ресурсов или времени для выполнения оценок выбросов по методике уровня 2 для всей категории источников, оптимальным выбором будет выполнение оценок по методике уровня 2 для приложения КВО.

Фактические оценки, которые учитывают задержку во времени между потреблением и выбросами, имеют особое значение для субприложений КВО из-за потенциально долгого сохранения хладагентов в продуктах и оборудовании, которые применяются в этих субприложениях.

Метод уровня 1

Если получение данных для оценок выбросов от этого приложения будет связано с большими трудностями, составители регионального кадастра выбросов парниковых газов могут воспользоваться методом уровня 1, описанным в разделе 7.1.2.2 настоящей главы.

Метод уровня 2 обзор

- Методология уровня 2:
- учитывает постепенное сокращение использования ХФУ и ГХФУ в зависимости от графика Монреальского протокола и возможных национальных или региональных законов, в результате чего будут установлены хладагенты для всех приложений;
- определяет типичный заряд хладагента и срок службы оборудования для отдельных субприложений;

– определяет коэффициенты выбросов для заряда хладагента в течение срока службы, при сервисном обслуживании (пополнении заряда) и в конце срока службы.

Для расчета выбросов для всего срока службы оборудования необходимо определить общий запас оборудования независимо от даты выпуска оборудования. При выполнении такого определения устанавливают банк хладагентов для каждого субприложения.

Чтобы добиться согласованности, предлагается выводить годовой объем продажи хладагентов исходя из заряда хладагента, заправляемого в новое оборудование, и из количества хладагента, используемого для обслуживания всего запаса оборудования.

Уровень 2 (подход, основанный на коэффициентах выбросов)

При расчетах уровня 2 выбросы хладагентов в году t от шести субприложений КВО рассчитывают по отдельности. Эти выбросы зависят от следующих параметров:

– $E_{контейнеры,t}$ = выбросы от обращения с контейнерами хладагента;

– $E_{заряд,t}$ = выбросы, связанные с заправкой нового оборудования хладагентом: подсоединение/отсоединение контейнера с хладагентом и заполнение нового оборудования;

– $E_{срок\ службы,t}$ = годовые выбросы от банков хладагентов, связанных с шестью субприложениями, в процессе эксплуатации (утечки и поломка оборудования) и обслуживания;

– $E_{конец\ срока\ службы,t}$ = выбросы от удаления в отходы (при списании).

Все эти количества, выраженные в килограммах, должны быть рассчитаны для каждого типа ГФУ, используемого в шести субприложениях.

Уравнение 7.7

Сумма выбросов от всех источников

$$E_{всего,t} = E_{контейнеры,t} + E_{заряд,t} + E_{срок\ службы,t} + E_{конец\ срока\ службы,t}$$

Далее будут рассмотрены методы оценки средних интенсивностей выбросов для вышеупомянутых этапов эксплуатации оборудования; расчет следует повторить для каждого хладагента для всего оборудования независимо от года выпуска оборудования. Если информация о выбросах, связанных с контейнерами и зарядкой оборудования в процессе производства или при установке, или при обслуживании существующего банка оборудования, не известна, то для расчета выбросов составители кадастра могут оценить эти потери в виде процента от количества ГФУ, необходимого для заполнения нового оборудования и обслуживания старого.

Обращение с хладагентами в контейнерах

Выбросы, связанные с обращением с хладагентом в контейнерах, включают все выбросы, связанные с переносом хладагента из крупного контейнера (обычно 40 тонн) в малые емкости, масса которых варьируется от 0,5 кг (невозвратные банки) до 1 тонны, а также выбросы от *остатков* после использования контейнера, которые остаются в кон-

тейнерах после использования; эти остатки либо улетают в атмосферу, либо их извлекают.

Выбросы, связанные с обращением с контейнерами с хладагентами, оцениваются в 2-10% от рынка хладагентов (*Межправительственная, 2006*). В российском кадастре выбросов используется среднее значение – 6% (Российская, 2006 –…)

Уравнение 7.8

Выбросы от обращения контейнеров

$$E_{контейнеры,t} = RM_t \bullet \frac{c}{100}$$

где:

$E_{контейнеры,t}$ = выбросы от обращения с контейнерами ГФУ в году t, кг;

RM_t = рынок ГФУ, предназначенного для нового оборудования и обслуживания всех приложений, связанных с охлаждением, в году *t*, кг;

c = коэффициент выбросов для обращения с контейнерами с ГФУ, %.

Выбросы от процесса заполнения хладагентами нового оборудования

Выбросы хладагента в процессе заполнения нового оборудования связаны с процессом присоединения контейнера с хладагентом к оборудованию и отсоединения от оборудования при первоначальном заполнении оборудования.

Уравнение 7.9

Выбросы от заполнения оборудования

$$E_{заряд,t} = M_t \bullet \frac{k}{100}$$

где:

$E_{заряд,t}$ = выбросы от производства/сборки системы в году *t*, кг;

M_t = количество ГФУ, заряженного в новое оборудование в году *t* (для каждого субприложения), кг;

k = коэффициент выбросов для потерь при сборке для ГФУ, заряженного в новое оборудование (для каждого субприложения), %.

Примечание: *выбросы, связанные с потерями ГФУ в процессе обслуживания, включены в уравнение 7.10.*

Количество заряда (M_t) должно включать все системы в регионе, которые заполнены хладагентом на территории региона, включая те, которые были проданы и вывезены за пределы региона. Системы, которые ввезены в регион уже заправленные хладагентом, не учитываются.

Типичный диапазон коэффициента выбросов *k* варьируется от 0,1 до 3%. Выбросы в процессе заполнения очень разные – при заполнении на заводе выбросы ниже (см. таблицу 7.9), чем при заполнении на месте эксплуатации, где они могут достигать 2% (*Межправительственная, 2006*).

Выбросы в течение срока службы (эксплуатация и обслуживание)

Ежегодные утечки от банков хладагентов относятся к летучим выбросам, т.е. утечкам через арматуру, соединения, уплотнения вала и т.д., а также через разрывы или теплообменники, которые приводят к частичному или полному испарению хладагента в атмосферу. Помимо неисправностей компонентов, таких как сгорание компрессора, оборудование обслуживают в основном тогда, когда охлаждающая способность снижается из-за потери хладагента через летучие выбросы. В зависимости от приложения обслуживание могут проводить ежегодно, через три года и т.д., или совсем не проводить в течение всего срока службы, например, для домашних холодильников. Кроме того, знание ежегодных потребностей в хладагенте для пополнения оборудования каждого субприложения позволяет определить региональный рынок хладагентов путем добавления количества хладагента, залитого в новое оборудование (к ежегодным потребностям для пополнения оборудования). Для расчета выбросов используют следующую формулу:

Уравнение 7.10

Выбросы в течение срока службы

$$E_{\text{срок службы,t}} = B_t \bullet \frac{x}{100}$$

где:

$E_{срок\ службы,t}$ = количество ГФУ, улетевшего в процессе эксплуатации системы в год t, кг;

B_t = количество ГФУ в банке существующих систем в год t (для каждого субприложения), кг;

x = годовая интенсивность выбросов (т.е. коэффициент выбросов) ГФУ для каждого банка субприложения в процессе эксплуатации, с учетом среднегодовой утечки и среднегодовых выбросов в процессе обслуживания, %.

При расчете банка хладагента (B_t) все системы, работающие в регионе (отечественного производства или импортные), должны быть рассмотрены для каждого субприложения.

Выбросы в конце срока службы

Количество хладагента, выделившегося в атмосферу от списанных систем, зависит от количества хладагента, оставшегося в оборудовании на момент списания и от доли извлеченного хладагента. С технической точки зрения основную часть оставшейся жидкости можно извлечь, однако извлечение в конце срока службы зависит от нормативов, финансовых стимулов и экологического сознания.

Следующее уравнение 7.11 предназначено для оценки выбросов при утилизации систем:

Уравнение 7.11

Выбросы в конце срока службы систем

$$E_{\text{конец срока службы},t} = M_{t-d} \bullet \frac{p}{100} \bullet \left(1 - \frac{\gamma_{\text{изв}}}{100}\right)$$

где:

$E_{\text{конец срока службы},t}$ = количество ГФУ, выделавшегося в атмосферу при утилизации системы в году t, кг;

M_{t-d} = количество ГФУ, первоначально залитое в новые системы, установленные в году (t-d), кг;

p = остаток заряда ГФУ в оборудовании, которое выводят из эксплуатации, выраженный в процентах от полного заряда, %;

$\gamma_{\text{изв}}$ = эффективность извлечения при утилизации, которая равна отношению извлеченного ГФУ к ГФУ, содержащегося в системе, %.

При оценке количества хладагента, первоначально залитого в системы (M_{t-d}), следует учитывать все системы, заправленные в регионе, и системы, которые были ввезены в регион уже заряженными.

7.5.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 2

При выборе коэффициента выбросов *эффективная практика* заключается в использовании национальных данных, которые основаны на сведениях от производителей оборудования, поставщиков услуг, компаний по утилизации, и на независимых исследованиях. Если национальные данные не доступны, то составители кадастра должны использовать коэффициенты выбросов и значения других параметров расчета по умолчанию из таблицы 7.7 (Оценки заряда, срока службы и коэффициентов выбросов для систем охлаждения и кондиционирования воздуха). Эти значения по умолчанию отражают текущие знания в этой отрасли промышленности и представлены в виде диапазонов, а не точечных оценок. Нижняя граница диапазонов срока службы и коэффициентов выбросов отражает ситуацию в развитых странах, а верхняя граница указывает на ситуацию в развивающихся странах. В таблице приводятся значения коэффициентов выбросов и других параметров расчета, которые используются в российском кадастре (Российская, 2006 –.…).

7.5.2.3 Выбор данных о деятельности

Методы уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо разработать матрицы для каждого субприложения, основанные на типе оборудования с одной стороны и типе хладагента – с другой. Для того чтобы оценить число единиц оборудования для всех поколений, необходимы также исторические данные о нетто-потреблении. Ежегодное обновление матриц позволяет пересчитывать все типы выбросов по уравнениям 7.9 – 7.11 каждый год. Если исторические данные о продажах оборудования в регионе отсутствуют, их можно оценить, предположив, что доля региона в российских продажах этого оборудования постоянна. Затем оценить эту долю, зная продажи этого оборудования в регионе в год проведения инвентаризации.

Таблица 7.8 – Оценки заряда, срока службы и коэффициентов выбросов для систем кондиционирования воздуха и охлаждения

Субприложение	Заряд (кг)	Срок службы (годы)[2]	Коэффициенты выбросов (% от первонач. заряда/год)[3]		Выбросы в конце срока службы (%)	
Коэффициент уравнения	**(M)**	**(d)**	**(k)**	**(x)**	**($\gamma_{изв}$)**	**(P)**
			Первоначальные выбросы	**Эксплуатационные выбросы**	**Эффективность извлечения[4]**	**Остаток от первонача льного заряда**
Бытовое охлаждение	0,05 < M < 0,5 0,1[1]	12 < d < 20 15[1]	0,2 < k < 1 0,6[1]	0,1 < x < 0,5 0,3[1]	0 < $\gamma_{изв}$ < 70 0[1]	0 < p < 80 80[1]
Автономные коммерческие приложения	0,2 < M< 6 0,28[1]	10 < d < 15 13[1]	0,5 < k < 3 1,7[1]	1 < x < 15 1,5[1]	0 < $\gamma_{изв}$ < 70 0[1]	0 < p < 80
Коммерческое охлаждение, среднее и крупное	50 < M < 2000	7 < d < 15	0,5 < k < 3	10 < x < 35	0 < $\gamma_{изв}$ < 70 0[1]	50 < p < 100
Транспортное охлаждение	3 < M < 8	6 < d < 9	0,2 < k < 1	15 < x < 50	0 < $\gamma_{изв}$ < 70	0 < p < 50
Промышленное охлаждение, включая пищевую промышленность и коммерческое с выносным холодом	10 < M < 10,000	15 < d < 30 23[1]	0,5 < k < 3 1,7[1]	7 < x < 25 7[1]	0 < $\gamma_{изв}$ < 90 0[1]	50 < p < 100
Чиллеры	10 < M< 2000	15 < d < 30 23[1]	0,2 < k < 1 0,6[1]	2 < x < 15 9[1] ГФУ-407с – 15[1]	0 < $\gamma_{изв}$ < 95 0[1]	80 < p < 100
Кондиционирование воздуха в жилых и коммерческих помещениях, включая тепловые насосы	0,5 < M< 100	10 < d < 20 15[1]	0,2 < k < 1 0,6[1]	1 < x < 10 6[1] ГФУ-407с – 9[1]	0 < $\gamma_{изв}$ < 80 0[1]	0 < p < 80
Мобильные кондиционеры воздуха	0,5 < M < 1,5 0,9[1]	9 < d < 16 12[1]	0,2 < k < 0,5 0,35[1]	10 < x < 20 15[1]	0 < $\gamma_{изв}$ < 50 0[1]	0 < p < 50 50[1]

[1] *Используется в российском национальном кадастре выбросов парниковых газов*
[2,3] *Нижнее значение – для развитых стран и верхнее значение – для развивающихся стран*
[4] *Нижняя граница (0%) означает, что в некоторых странах не практикуют извлечение.*
Источник: *Межправительственная, 2006*

Кроме того, доли хладагентов в субприложении следует проверять каждый год, т.к. их соотношение в новом оборудовании может сильно меняться по причине поэтапного изъятия из обращения ХФУ и ГХФУ и изменения технологических предпочтений. Во многих странах, например, производство бытовых холодильников переводится на углеводородный хладагент R600.

Если национальные данные невозможно проанализировать на уровне страны, то чтобы выполнить оценку по методу уровня 2, можно взять проверенные мировые или региональные данные о зарядах хладагентов и сроках службы, которые представлены в таблице 7.8 для всех субприложений. Как правило, приходится вносить некоторые уточнения в зависимости от условий конкретного региона. Специалисты в соответствующих областях применения хладагентов могут помочь в этом вопросе.

Другие общие вопросы

При сборе национальных данных о деятельности для метода уровня 2 составители кадастра должны особенно внимательно проводить учет смесей хладагентов. Таблица 7.6 иллюстрирует смеси, которые уже применяются, и смеси, которые по прогнозам будут использоваться в будущем, поскольку производители ищут пути дальнейшего улучшения рабочих характеристик, особенно в плане сбережения энергии. Если смеси содержат ГФУ и другие компоненты, то следует рассматривать только те компоненты, которые должны быть отражены в кадастре.

Составители кадастра также должны решить, каким образом отслеживать движение рынка оборудования и продукции, содержащих ГФУ и/или ПФУ. В блоке 7.1 описаны некоторые критерии необходимые для правильной оценки суммарного заряда нового оборудования.

Блок 7.1

Расчет суммарного заряда хладагентов в новом оборудовании

Все количества должны соответствовать тому году, для которого делают оценку выбросов. Суммарный заряд нового оборудования оценивают по следующей формуле:

Суммарный заряд нового оборудования = химические вещества для заправки или дозаправки нового оборудования, которое заправляется или дозаправляют в регионе при установке + химические вещества для заправки оборудования, производимого в регионе, которое заправляют на заводе-изготовителе + химические вещества, содержащиеся во ввезенном в регион оборудовании, которое было заправлено на заводе-изготовителе в другом регионе или стране – химические вещества, содержащиеся в вывезенном из региона оборудовании, которое было заправлено на заводе-изготовителе в регионе

Первоначальный суммарный заряд списываемого оборудования оценивают также как *суммарный заряд нового оборудования,* за исключением того, что все количества должны соответствовать году установки списываемого оборудования.

7.5.2.4. Применение методов уровня 2 – пример

Мобильного кондиционирования воздуха (МКВ)

В блоке 7.2 далее описан пошаговый процесс оценки выбросов от субприложения «мобильные кондиционеры воздуха» для кадастра гипотетического региона. Принято использовать метод уровня 2. Один раз сделанный расчет уровня 2 облегчает дальнейшее использование этого подхода в последующие годы. Следует подчеркнуть, предпо-

ложения были сделаны только для примера; составители кадастра должны собрать собственную информацию для страны, но не использовать этот пример в неизменном виде (*Межправительственная, 2006*). В качестве комментария к этому примеру представлены подходы, которые использовались при разработке российского национального кадастра (Российская, 2006 –…).

Блок 7.2

Пример расчета уровня 2 для мобильного кондиционирования воздуха

Введение

Национальные кадастры и другие исследования, известные в настоящее время, показывают, что выбросы ГФУ-134а от мобильных кондиционеров воздуха (МКВ) вносят большой вклад в выбросы от кондиционирования воздуха и охлаждения (КВО) и от заменителей ОРВ. Для многих стран/регионов выбросы МКВ составляют 50% и более от выбросов КВО. Это объясняется многими факторами, в том числе:

Замена ОРВ на ГФУ в МКВ началась раньше и закончилась быстрее, чем в других субприложениях, таких как комнатные (стационарные) кондиционеры или коммерческие холодильники (в супермаркетах), которые до сих пор используют ОРВ.

МКВ работают в экстремальных условиях, испытывая удары и вибрацию, поэтому они дают высокие выбросы.

Срок службы МКВ короче, чем у многих других субприложений КВО, поэтому выбросы в конце срока службы происходят раньше и запас оборудования, где используются ОРВ, заменяется быстрее на оборудование с ГФУ.

Поскольку в МКВ используется небольшое количество хладагента, то извлечение из них часто считается нецелесообразным и поэтому редко практикуется в ходе обслуживания и утилизации.

Кроме того, данные о продажах и регистрации автомобилей в стране/регионе, как правило, более точные и их легче получить. Поэтому в *эффективной практике* принято делать оценку выбросов от этого субприложения. Далее будет показано, как применять общее уравнение для КВО к субприложению МКВ.

Сбор данных и предположения

Точную оценку выбросов МКВ можно сделать, собрав некоторые данные на уровне субприложения и применив несколько базовых допущений с целью упрощения требований к данным и расчетам, а именно:

Тип хладагента. Необходимо подразделить все данные по типам хладагентов и рассчитывать выбросы от каждого хладагента отдельно. Для МКВ применение этого правила упрощается благодаря тому факту, что все МКВ, выпущенные начиная с середины – конца 1990 годов в качестве хладагента используют ГФУ-134а.

Хладагент, продаваемый в контейнерах (RM_t). Для МКВ хладагент обычно приходит в трех типах контейнеров – крупнотоннажные контейнеры, которые получает автомобильная промышленность для заполнения новых МКВ, мелкие банки по 300-500 г хладагента, которые обычно используются автовладельцами для обслуживания собственными силами, и цилиндры по 10-15 кг хладагента, которыми пользуются мастерские по ремонту автомобилей. Если предположить, что от крупных контейнеров потерь нет (см. ниже), то для расчета $E_{контейнеры}$ потребуется знание общего количества хладагента, проданного в мелких банках ($RM_{м.б}$) и в цилиндрах ($RM_{цил}$). Также необходимо опре-

делить количество хладагента, проданного в другие субприложения (например, ГФУ-134а применяется также в чиллерах и домашних холодильниках), чтобы в расчете использовать только то количество, которое было продано для МКВ. Эти данные можно получить от производителей/дистрибьюторов хладагентов и компаний по расфасовке мелких банок.

Остатки в контейнере (c). Для этого примера, мы предположим, что остатки в контейнерах хладагента для обслуживания не извлекаются (например, цилиндры выбрасывают без повторного использования) и равны $c_{м.б.}$ = 20% для мелких банок и $c_{цил}$ = 2% для цилиндров. Поскольку крупнотоннажные контейнеры отправляются назад к производителю хладагента для повторного заполнения, то мы можем предположить, что остатки в контейнере не улетают в атмосферу, т.е $c_{крупные\ контейнеры}$ = 0%.

Сбор данных от дистрибьюторов хладагентов может быть весьма затруднительным. В российском кадастре предполагается, что выбросы от обращения с контейнерами составляют 6% от количества ГФУ-134а, необходимого для заправки нового оборудования и обслуживания существующего парка оборудования.

Ежегодное производство МКВ (N). Если не известно количество МКВ, которое ежегодно вводится в эксплуатацию, то его можно рассчитать, умножив число автомобилей, вводимых в эксплуатацию ежегодно, на долю автомобилей, продаваемых с МКВ. Эти данные можно получить от производителей автомобилей, производителей/поставщиков МКВ или государственных учреждений, которые курируют безопасность перевозок, инфраструктуры и автодорог.

Доля новых импортных иномарок с МКВ в России постепенно выросла с 55% в 1993 г. до 95% в 2012. Доля новых иномарок российской сборки также увеличилась с 65% в 2000 г до 85% в 2012.

Номинальный заряд каждого МКВ (m). Этот коэффициент, по-видимому, будет меняться в зависимости от типа автомобиля; например, у небольших пассажирских автомобилей заряд хладагента будет меньше, чем у автобусов или более крупных автомобилей, особенно у тех, где есть несколько испарителей. Точно так же номинальный заряд хладагента может меняться со временем, например, снижаться, поскольку производители выпускают все более компактные системы для тех же размеров автомобилей, или увеличиваться, поскольку на рынок поступает все больше крупных автомобилей и все больше систем с несколькими испарителями. Для этого примера мы предположим, что среднее значение $m = 0,7$ кг типичное для пассажирских автомобилей небольшого и среднего размера не меняется во времени.

В Российском кадастре используется значение m = 0,9 кг.

Количество хладагента, заправляемого в новое оборудование (M_t). Его легко рассчитать по формуле

$$M_t = N_t \cdot m_t = 0.7 \cdot N_t.$$

Потери при сборке (k). Этот член используется при расчете выбросов от процесса заполнения хладагента, которые также называются выбросами от первого заполнения. Интенсивность потерь обычно низкая: k около 0,5% и меньше. Для простоты мы полагаем, что $k = 0$ в этом примере.

В Российском кадастре используется значение k = 0,35

Срок службы (d). Предположительный срок службы МКВ. Эта переменная может быть основана на национальных данных и отличаться для разных типов МКВ (для пассажирских автомобилей, автобусов и т.д.) В этом примере мы полагаем, что срок службы всех МКВ составляет *d = 12 лет*.

Банк, содержащийся в существующем оборудовании (Bt). Этот банк равен количеству хладагента в МКВ, введенных в эксплуатацию, минус количество хладагента в списанных МКВ плюс количество хладагента, использованного для обслуживания (пополнения заряда) МКВ, минус количество утечки. В действительности МКВ могут протекать много лет до факта обслуживания. Вместо попытки учесть это, в этом примере мы используем уравнение 7.10, которое предполагает, что все МКВ обслуживаются ежегодно, поэтому оценочный заряд каждого МКВ равен номинальному заряду. Годовую интенсивность выбросов следует усреднить в соответствии с этим предположением. Это даст совсем небольшие ошибки, если продажи МКВ не будут сильно меняться из года в год. Следовательно, банк в конкретном году равен сумме количеств хладагента, заправленного в новое оборудование за все годы, начиная отсчет с текущего года назад на период предполагаемого среднего срока службы оборудования. Т.е:

$$Bt=\sum_{i=1}^{d} M_{t-i+1}$$

Например, если d = 12 лет, то банк в 2006 году будет $B_{2006} = M_{2006} + M_{2005} + M_{2004} + ... + M_{1997} + M_{1996} + M_{1995}$

Ежегодная интенсивность выбросов (x). Этот коэффициент учитывает утечки оборудования и все выбросы в процессе обслуживания. Оба эти вида выбросов могут различаться для различных типов МКВ, а также меняться в зависимости от возраста МКВ. Это количество может сильно меняться в зависимости от национальных условий и типа обслуживания. Например, мы полагаем, что 15% номинального заряда вытекает каждый год и в среднем 11% улетает в процессе обслуживания. Следовательно, x = 26%.

В российском кадастре ежегодная интенсивность выбросов от банка ГФУ-134а в оборудовании для мобильного кондиционирования воздуха принимается равной 15%

Остаточный заряд, сохранившийся в списанном оборудовании (p). Полагая, что МКВ получает обслуживание ежегодно вплоть до списания, и что годовая интенсивность выбросов известна, то остаточный заряд легко рассчитать, как *p = 1 – x*. В нашем примере *p = 1 – 26% = 0,74*

В российском кадастре p = 50%

Эффективность извлечения ($\gamma_{изв}$). Если существующее законодательство и стимулы не требуют извлечения хладагента из списанных МКВ, то можно ожидать, что остатки почти не извлекают. Поэтому для простоты мы полагаем, что $\gamma_{изв} = 0$ в этом примере.

Затем расчет выполняется с использованием уравнений 7.7 – 7.11.

Неизвестными остаются только:

$RM_{м.б.}$ – количество хладагента (в килограммах), проданного в мелких банках для обслуживания МКВ, которое можно узнать у компаний по расфасовке мелких банок;

$RM_{цил}$ – количество хладагента (в килограммах), проданного в цилиндрах для обслуживания МКВ, которое можно узнать у производителей/дистрибьюторов хладагента;

N_t – число МКВ, вводимых в эксплуатацию ежегодно; эти данные можно получить от поставщиков автомобилей или государственных учреждений, которые курируют безопасность перевозок, инфраструктуры и автодорог.

По методике, используемой в российском кадастре для расчета выбросов, для расчета необходимы только данные о числе МКВ, которые вводятся в эксплуатацию ежегодно. Выбросы от обращения с контейнерами рассчитываются на основании оценок количества ГФУ-134а, необходимого для заправки нового оборудования и обслуживания текущего парка МКВ.

В региональном кадастре выбросы от заправки нового оборудования и от обращения с контейнерами с хладоном, необходимым для заправки нового оборудования, должны учитываться только в регионах, где существует производство автомобилей. При этом расчеты должны производиться с учетом количества автомобилей, произведенных в регионе. В то время, как выбросы от существующего парка МКВ, от обслуживания этого парка и утилизации старых автомобилей должны рассчитываться на основе данных о количестве автомобилей, которые используются в регионе, независимо от того где они были произведены.

Этот расчет дает общие выбросы в килограммах хладагента. Получив общие выбросы для каждого типа хладагента и умножив каждый результат на ПГП соответствующего хладагента, получаем выбросы в килограммах. CO_2 эквивалента.

7.5.2.5 Данные, которые могут быть использованы при разработке регионального кадастра выбросов.

В этом разделе приводятся данные, которые были получены в процессе разработки российского национального кадастра выбросов и могут помочь разработчикам региональных кадастров при отсутствии у них региональных данных о деятельности. Представленные ниже данные отражают российскую специфику использования хладонов в различных субприложениях.

Бытовое охлаждение

Для производства бытовых холодильников и морозильников в России используются ГФУ-134а, углеводородный хладагент R600 и смеси на основе ГХФУ-22. В кадастре выбросов парниковых газов учитываются только выбросы от холодильников и морозильников на основе ГФУ-134а. Такие холодильники появляются в России в 1994г. В настоящее время заводы по производству холодильников осуществляют переход на углеводородный хладагент R600. В таблице 7.9 представлены доли импортного и отечественного оборудования на ГФУ-134а в общем количестве соответственно импортного и отечественного оборудования. Представленные в таблице данные рассчитаны на основании информации, полученной от заводов-производителей, и в результате анализа национальных кадастров стран, экспортирующих бытовые холодильники в Россию.

Таблица 7.9 – Оценки доли нового бытового холодильного оборудования на ГФУ-134а

Годы	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Отечественное оборудование	0	0%	29%	54%	80%	70%	61%	65%	63%	59%
Импортное оборудование	8%	9%	43%	86%	82%	82%	89%	92%	89%	85%
Годы	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Отечественное оборудование	60%	57%	57%	53%	51%	47%	52%	17%	12%	–
Импортное оборудование	74%	50%	26%	13%	12%	11%	9%	8%	7%	–

Автономное коммерческое холодильное оборудование.

Автономное коммерческое оборудование включает витрины, холодильные шкафы, лари и другое оборудование, которое используется торговыми, медицинскими и другими организациями. Это оборудование, также, как и бытовые холодильники заправляется хладагентом на предприятии-производителе. В оборудовании, которое производится в России, используются хладагенты ГХФУ-22, после 1998 г ГФУ-134а и смесевый хладагент R404a, в импортном оборудовании – те же хладагенты и, в последнее время в незначительном количестве смесевый хладагент R507.

Таблица 7.10 – Оценки доли нового автономного коммерческого холодильного оборудования на разных хладагентах

Оборудование российского производства									
Годы	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
R404a				1%	2%	3%	5%	8%	12%
ГФУ-134а			1%	4%	9%	12%	15%	19%	21%
ГХФУ-22	100%	100%	99%	94%	89%	85%	80%	73%	67%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
R404a	17%	21%	24%	29%	37%	42%	58%	65%	–
ГФУ-134а	23%	26%	27%	28%	30%	33%	37%	35%	–
ГХФУ-22	60%	53%	50%	43%	33%	25%	5%	0%	–
Импортное оборудование									
Годы	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
R404a						1%	3%	8%	13%
ГФУ-134а	1%	2%	7%	13%	27%	41%	55%	65%	72%
ГХФУ-22	99%	98%	93%	87%	73%	58%	42%	27%	14%
R507								0%	1%
Годы	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
R404a	19%	23%	26%	31%	38%	40%	42%	51%	–
ГФУ-134а	76%	74%	73%	68%	61%	58%	55%	45%	–
ГХФУ-22	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	–
R507	1%	1%	1%	1%	1%	2%	3%	4%	–

Промышленные и коммерческие системы с выносным холодом.

Системы с выносным холодом используются на промышленных предприятиях, спортивных сооружениях, в крупных торговых организациях. Заправка системы хладагентом происходит во время установки, там, где она будет использоваться. Поэтому все выбросы, связанные с первоначальной заправкой оборудования и обращением с контейнерами, будут происходить в том регионе, где это оборудование предполагается использовать. Выбросы по месту производства отсутствуют.

В таблице 7.11 представлены данные по использованию хладагентов в системах с выносным холодом и среднее количество хладона в системе.

Таблица 7.11 – Использование хладагентов в новых промышленных и коммерческих системах с выносным холодом

Доли оборудования на разных хладагентах										
Годы	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**
R404a				0%	1%	2%	4%	7%	15%	24%
ГФУ-134а	2%	4%	6%	8%	10%	12%	16%	19%	24%	22%
R507										
ГХФУ-22 и др.	98%	96%	94%	92%	89%	86%	80%	74%	61%	54%
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
R404a	37%	48%	57%	60%	63%	66%	72%	81%	82%	–
ГФУ-134а	18%	14%	12%	10%	9%	6%	4%	3%	4%	–
R507	0%	1%	3%	6%	7%	9%	16%	16%	14%	–
ГХФУ-22 и др.	44%	37%	28%	24%	21%	19%	9%	0%	0%	–
Среднее количество хладагента в системе, кг										
Годы	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**
R404a	29	29	29	29	32	32	33	33	34	35
ГФУ-134а	11	11	12	12	12	12	13	13	14	14
R507										
Годы	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
R404a	36	38	39	40	36	34	37	40	36	–
ГФУ-134а	15	15	15	16	14	13	13	13	13	–
R507	21	22	23	23	19	18	23	24	28	–

Стационарное кондиционирование воздуха

Климатическое оборудование в России практически не производится, и весь парк этого оборудования представляет собой технику, импортированную из других стран. Использование хладагентов в этом оборудовании представлено в таблице 7.12 Заправка оборудования может происходить как на предприятиях, так и при установке. Это зависит от типа оборудования.

Таблица 7.12 – Использование хладагентов в разных типах нового климатического оборудования

Годы	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Мобильные моноблоки													
ГФУ-410а	–	–	–	–	–	–	2,0	6,0	21,2	45,3	58,0	62,9	76,0
ГФУ-407с	–	3,0	21,0	42,0	61,0	74,6	87,0	82,8	66,6	44,7	37,0	26,0	24,0
ГХФУ-22	100,0	97,0	79,0	58,0	39,0	25,4	11,0	11,2	12,2	10,0	5,0	11,1	0,0
Бытовые сплит-системы													
ГФУ-410а	5,8	10,2	8,0	7,9	11,0	11,6	10,5	8,4	6,5	5,9	7,0	87,3	97,0
ГФУ-407с	–	–	0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1	0,01	0,01	0,0	0,0	0,0
ГХФУ-22	94,2	89,8	92,0	92,0	88,5	88,4	89,5	91,5	93,5	94,1	93,0	12,7	3,0
Полупромышленные сплит-системы													
ГФУ-410а	–	–	0,6	2,0	5,6	7,5	7,6	7,9	21,7	26,2	13,3	71,2	93,0
ГФУ-407с	–	–	0,4	0,7	2,4	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ГХФУ-22	100,0	100,0	99,0	97,3	92,0	91,8	92,1	92,1	78,3	73,8	86,7	28,8	7,0
Мультисплит-системы													
ГФУ-410а	–	–	2,0	7,0	11,3	23,1	53,8	52,0	60,5	86,5	86,5	88,0	100,0
ГФУ-407с	–	–	–	–	2,4	–	–	–	–	–	–	–	0,0
ГХФУ-22	100,0	100,0	98,0	93,0	86,3	76,9	46,2	48,0	39,5	13,5	13,5	12,0	0,0
Мини-VRF													
ГФУ-410а	–	–	–	–	55,0	84,2	91,4	88,6	85,7	84,0	84,0	88,0	96,0
ГФУ-407с	–	–	–	–	37,5	4,8	0,4	–	–	–	–	–	–
ГХФУ-22	–	–	–	–	7,5	11,0	8,2	11,4	14,3	16,0	16,0	12,0	4,0
Компрессорно-конденсаторные агрегаты													
ГФУ-410а	–	–	–	–	–	–	2,0	11,0	3,0	12,0	27,0	39,0	45,0
ГФУ-407с	10,0	35,0	60,0	75,0	83,0	86,0	87,0	82,0	91,0	82,0	71,0	58,0	55,0
ГХФУ-22	90,0	65,0	40,0	25,0	17,0	14,0	11,0	7,0	6,0	6,0	2,0	3,0	0,0
Чиллеры													
ГФУ-410а	–	–	–	0,1	0,5	0,4	2,3	6,9	7,5	10,0	25,9	25,9	24,4
ГФУ-407с	10,0	21,0	35,0	52,0	66,7	59,6	57,3	38,1	27,2	25,5	21,7	18,9	25,2
ГФУ-134а	25,0	22,0	20,0	19,0	22,7	30,8	31,7	47,5	63,2	61,6	51,1	54,7	50,4
ГХФУ-22	65,0	57,0	45,0	28,9	10,1	9,1	8,7	7,5	2,2	2,9	1,3	0,5	0,0

7.5.2.6 Полнота

Полнота для метода уровня 2 зависит от тщательного учета существующих банков оборудования, что может означать необходимость отслеживания большого количества данных.

7.5.2.7 Оценка неопределённостей

Таблица 7.8 (Оценки заряда, срока службы и коэффициентов выбросов для систем охлаждения и кондиционирования воздуха) представляет диапазоны коэффициентов выбросов, которые отражают неопределенности этого сектора. В целом разгруппированные методы (уровень 2) характеризуются меньшей неопределенностью, чем методы уровня 1, вследствие неоднородности субприложений.

7.6 ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА (ППЗ)

7.6.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

Имеется два основных типа оборудования для противопожарной защиты (тушения пожара), в которых используются ГФУ и/или ПФУ в качестве частичной замены галонов: переносное (струйное) оборудование и стационарное (затопляющее) оборудование. ГФУ, ПФУ и, в последнее время, фторкетон используются главным образом в качестве заменителей галонов (обычно галона 1301) в затопляющем оборудовании. ПФУ применяли на раннем этапе замены галона 1301, но теперь его использование ограничено пополнением заряда ранее установленного оборудования. ГФУ в переносном (струйном) оборудовании (обычно в качестве замены для галона 121) встречаются, но не получили широкого распространения на рынке, в первую очередь из-за высокой цены. Применение ПФУ в новых переносных огнетушителях в настоящее время ограничивается несколькими процентами в составе смеси с ГХФУ. Текущие выбросы от субприложения «противопожарная защита» (ППЗ) считается очень небольшими, использование ППЗ для обеспечения аварийной защиты не дает больших выбросов, но объем такого использования растет. Эти приводит к накоплению банка будущих потенциальных выбросов.

ГФУ и ПФУ, которые могут использоваться для ППЗ, представлены в таблице 7.1.

7.6.2 Вопросы методологии

7.6.2.1 Выбор метода

Приложение ППЗ отличается от приложения КВО тем, что субприложений гораздо меньше и они более однородные. Это значит, что расчет выбросов может быть выполнен на уровне приложения.

Выбросы от этого приложения составляют менее 6% от суммарного выброса ГФУ и ПФУ от использования заменителей ОРВ в России. Поэтому разработчики регионального кадастра выбросов парниковых газов могут ограничиться применением метода уровня 1 (раздел 7.1.2.2) для оценки выбросов от этого приложения в регионе.

Если используется метод уровня 2, для приложения ППЗ, также как для пен и КВО, необходимо учитывать накопление банков. Это значит, что исторический временной ряд региональных данных о деятельности должен начинаться с момента введения в оборот всех новых ГФУ и ПФУ.

Поскольку ГФУ и ПФУ, используемые для ППЗ, улетают за период более долгий, чем один год, то необходимо учитывать выбросы от оборудования, которое было за-

ряжено в предыдущие годы. Использование коэффициента выбросов, который основан на годовом производстве, для представления многолетнего процесса выбросов может привести к значительной ошибке, и не считается *эффективной практикой.*

Уравнение 7.12 показывает, каким образом следует модифицировать метод, чтобы учесть временную зависимость выбросов и определить наиболее пригодный тип данных о деятельности.

Уравнение 7.12

Временная зависимость выбросов от оборудования для ППЗ

$$\text{Выбросы}_t = \text{Банк}_t \bullet EF + RRL_t$$

и

$$\textit{Банк}_t = \sum_{i=t0}^{t}(\text{производство}_i + \text{ввоз в регион}_i - \text{вывоз из региона}_i - \text{разрушение}_i - \text{выбросы}_i) - RRL_t$$

где:

Выбросы$_t$ = выбросы ГФУ/ПФУ от заряженного оборудования ППЗ в году *t*, кг;

Банк$_t$= банк агента, заряженного в оборудование ППЗ в году *t*, кг;

EF = доля заряда оборудования, которая выделяется в атмосферу каждый год (исключая выбросы от списанного или иным способом изъятого из эксплуатации оборудования), в относительных единицах;

RRL$_t$ = потери при извлечении: выбросы агента в процессе извлечения, рециклинга и размещения в отходы на момент изъятия из использования существующего оборудования ППЗ в году *t,* тонны;

производство$_i$ = количество ГФУ/ПФУ, поставленного для оборудования ППЗ, произведенного в году *i, кг*;

ввоз в регион$_i$ = количество ГФУ/ПФУ в оборудовании ППЗ, ввезенном в регион в году *i*, кг;

вывоз из региона$_i$ = количество ГФУ/ПФУ в оборудовании ППЗ, вывезенном из региона в году *i*, кг;

разрушение$_i$ = количество ГФУ/ПФУ в оборудовании ППЗ, собранное и разрушенное в году *i*, кг;

t = год, для которого делается оценка выбросов;

t_0 = первый год производства и/или использования;

i = годы, прошедших с первого года производства и/или использования t_0 до текущего года *t.*

Эффективная практика предусматривает использование уравнения 7.12 для каждого отдельного парникового газа, применяемого в оборудовании ППЗ.

Если отсутствуют исторические данные об установке нового оборудования в регионе, также как в методах, принятых для пен и КВО, можно разработать простой способ для оценки развития банков ГФУ/ПФУ в оборудовании. Можно предположить, что количество ГФУ/ПФУ в оборудовании растет на один и тот же процент в год, начиная с года первого использования этого вещества в регионе (стране).

7.6.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

В ходе замены галоновых соединений был накоплен некоторый опыт относительно моделей использования и выбросов, и было бы логично ожидать, что этот опыт будет полезен для парниковых газов, применяемых в тех же целях. Оборудование ППЗ предназначено для выпуска своего первоначального заряда в случае пожара. Последние исследования показывают, что годовые выбросы от затопляющих систем составляют 2% ± 1% от запаса установленного оборудования (*Межправительственная, 2006*). Для переносных огнетушителей выбросы примерно в два раза выше, чем от стационарных систем. Применение этого коэффициента дает диапазон от 2% до 6% (т.е. 4% ±2%) от эксплуатируемого количества.

Характер этого приложения позволяет извлекать газ в конце срока службы оборудования (или в любое время, когда оборудование списывают). Извлеченный газ можно разрушить или использовать повторно. Поэтому принятое по умолчанию допущение о том, что в конце эксплуатации газ не извлекают, может дать завышенную оценку выбросов в конце эксплуатации. Составители кадастра должны установить контакты с соответствующими промышленными структурами, чтобы собирать информацию об извлечении ГФУ/ПФУ. *Эффективная практика* предусматривает документирование этой информации и всех принятых допущений.

Типичный срок службы затопляющих систем – 15-20 лет. В специализированных приложениях (например, авиационных, военных), системы могут использоваться по 25-35 лет и дольше. (*Межправительственная, 2006*).

7.6.2.3 Полнота

Составители кадастра должны убедиться в том, что все парниковые газы, использованные в отрасли ППЗ, были включены в оценку выбросов. Необходимо также оценивать выбросы, начиная с первого года использования в ППЗ региона ГФУ/ПФУ.

7.6.2.4 Оценка неопределённостей

Исследования потребления галонов в разных странах (Межправительственная, 2006) показывают, что неопределенность данных о деятельности составляет 16% для развитых стран, 15% для развивающихся стран и 13% на глобальном уровне. Предполагается, что неопределенность оценок выбросов ГФУ/ПФУ будет примерно равна или выше неопределенности, которая наблюдалась для оценок потребления галонов.

ГЛАВА 8 ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРУГОЙ ПРОДУКЦИИ

8.1 ВВЕДЕНИЕ

В этой главе будут рассмотрены методы расчета выбросов гексафторида серы (SF_6) и перфторуглеродов (ПФУ) от производства и использования электрооборудования и других видов продукции. Будут также представлены методы расчета выбросов оксида диазота (N_2O) для некоторых видов продукции. В большинстве этих областей применения SF_6, ПФУ или N_2O были использованы в продукции благодаря своим физическим свойствам (одному или нескольким), таким как высокая изоляционная способность SF_6, стабильность ПФУ и анестезирующее действие N_2O. Типы применения, описанные здесь, характеризуются широким диапазоном выбросов – от мгновенного и непредотвратимого высвобождения всего химического вещества (например, при использовании ПФУ в качестве атмосферного индикатора) до отсроченных, во многом предотвратимых, выбросов от герметичной продукции через 40 лет использования (например, производство и использование герметизированного электрооборудования). Методы оценки, представленные в этой главе, были разработаны таким образом, чтобы отражать различия в графиках выбросов.

В разделе 8.2 рассмотрены методы оценки выбросов SF_6 и ПФУ от электрооборудования. Раздел 8.3 посвящен методам оценки выбросов от производства и использования многих других видов промышленной, коммерческой и потребительской продукции, содержащих SF_6 и ПФУ, за исключением тех, которые были учтены в других разделах сектора ППИП (например, выбросы ПФУ от электронного производства обсуждались в главе 6). См. перечень исключений во введении к разделу 8.3. Наконец, в разделе 8.4 обсуждаются методы оценки выбросов N_2O от анестетиков, пропеллентов и другой продукции.

8.2. ВЫБРОСЫ SF_6 И ПФУ ОТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

8.2.1 Введение

Гексафторид серы (элегаз, SF_6) используется для электроизоляции и отключения тока в составе оборудования для передачи и распределения электроэнергии. Выбросы происходят в каждой фазе срока службы оборудования, включая производство, установку, использование, обслуживание и удаление в отходы. Самая большая часть SF_6, применяемого в электрооборудовании, используется в коммутационной аппаратуре, подстанциях с газовой изоляцией (КПГИ) и газовых автоматических выключателях (ГАВ), однако некоторое количество SF_6 применяется в высоковольтных линиях передач с газовой изоляцией (ЛЭГИ), наружных измерительных трансформаторах с газовой изоляцией и другом оборудовании. Перечисленные области применения можно подразделить на две категории по степени герметичности. К первой категории относятся герметизированные системы или оборудование, герметизированное на весь срок

службы. По определению, герметизированное оборудование не требует дозаправки газа в течение срока службы и содержит менее 5 кг газа на функциональную единицу. В эту категорию обычно попадает трансляционное оборудование. Вторая категория – закрытые системы, которые определяются как оборудование, которое необходимо дозаправлять (пополнять) газом в течение срока службы. Этот тип оборудования обычно содержит от пяти до нескольких сотен килограммов газа на функциональную единицу. К этой категории обычно относится оборудование электропередачи. Обе категории оборудования имеют сроки службы более 30-40 лет. В Азии значительные количества SF_6 используют в силовых трансформаторах с газовой изоляцией (СТГИ).

Электрооборудование – это самый крупный потребитель и наиболее важная область применения SF_6 в мире. Оно вносит значительный вклад в мировые выбросы SF_6. Тем не менее, значение этого источника сильно меняется от региона к региону и от страны к стране. Выбросы от этой категории зависят не только от установленного (находящегося в банке) или потребленного количества SF_6, но также в значительной степени от герметичности продукции и обращения с ней. Среднерегиональные интенсивности выбросов в настоящее время меняются в диапазоне от небольшой доли процента до 10% и более.

В целом интенсивности выбросов намного снизились после 1995 года. Целенаправленные мероприятия, проводимые в промышленности, позволили снизить выбросы в Европе и Азии на 50-90%. Эти мероприятия включают (1) улучшение конструкции оборудования, которая стала более герметичной и требует меньше SF_6, и (2) улучшение обращения с оборудованием в течение всего срока службы.

В некоторых регионах (например, в Северной Америке и Японии) перфтороуглероды (ПФУ) используются как диэлектрики и теплоносители в силовых трансформаторах. ПФУ также применяются для переоснащения трансформаторов, охлаждаемых с помощью ХФУ-113. Одним из таких ПФУ является перфторгексан (C_6F_{14}). С точки зрения абсолютных выбросов и выбросов в пересчете на углерод, выбросы ПФУ от электрооборудования считаются намного более низкими, чем выбросы SF_6 от электрооборудования; однако в некоторых регионах могут наблюдаться исключения из этого правила.

8.2.2 Вопросы методологии

8.2.2.1 Выбор метода

Выбросы SF_6 от электрооборудования можно оценивать разными способами, которые отличаются по сложности и по требованиям к данным.

Эффективная практика предусматривает использование метода уровня 1 (с коэффициентом выбросов по умолчанию), метода уровня 2 (с национальным или региональным коэффициентом выбросов) и метода уровня 3. В целом оценки выбросов, полученные с помощью метода уровня 3 на уровне предприятия, наиболее точны. Оценки по методу уровня 1 – наименее точные.

Также как в случае других источников выбросов, выбор уровня зависит от наличия данных и принадлежности к ключевой категории. Если выбросы SF_6 являются *ключевой* категорией для региона, необходимо собрать нужные данные и пользоваться методами уровня 2 или 3 для оценки выбросов.

На первом этапе, при оценке важности выбросов SF_6 от электрооборудования и других категорий, рассматриваемых в этой главе, рекомендуется обращаться к производителям и поставщикам химических веществ, а также к производителям электрооборудования и поставщикам энергии и/или в их промышленные компании. Эти организации могут предоставить базовую информацию о потреблении химических веществ, о запасе и использовании оборудования, которая может помочь составителям кадастра при оценке выбросов и идентификации источников, заслуживающих дальнейшего исследования.

В Российской Федерации элегазовое электрооборудование широко используют сетевые компании, производители электроэнергии, предприятия химической, металлургической и другой промышленности, работа которых связана с большим потреблением электрической энергии.

Метод уровня 1 – коэффициенты выбросов по умолчанию

Метод уровня 1 представляет собой наиболее простой подход к оценке выбросов SF_6 и ПФУ от электрооборудования. (Далее в этом разделе «SF_6» будет обозначать «SF_6 и/или ПФУ»). В этом методе выбросы оценивают путем умножения коэффициентов выбросов по умолчанию на потребление SF_6 производителями электрооборудования и/или на паспортную емкость SF_6 оборудования на каждом этапе срока службы. Член, выражающий выбросы от установки, можно опустить, если считается, что (1) выбросы при установке равны нулю (для закрытых систем) или (2) выбросы от установки включены в коэффициент выбросов от производства или использования. Коэффициенты выбросов по умолчанию представлены в таблицах 8.1 – 8.3.

Эффективная практика предусматривает применение следующего уравнения:

Уравнение 8.1

Метод с использованием коэффициента выбросов по умолчанию

Суммарные выбросы = выбросы от производства +

+ выбросы от установки оборудования + выбросы от эксплуатации оборудования +

+ выбросы от удаления оборудования в отходы

где:

ВЫБРОСЫ ОТ ПРОИЗВОДСТВА = *коэффициент выбросов от производства • общее потребление SF_6 производителями оборудования;*

Выбросы от установки оборудования = *коэффициент выбросов от установки оборудования • суммарная паспортная емкость нового оборудования, заправленного на месте эксплуатации (не на заводе-изготовителе)*;

Выбросы от эксплуатации оборудования = *коэффициент выбросов от эксплуатации оборудования • суммарная паспортная емкость установленного оборудования. Коэффициент выбросов от эксплуатации включает выбросы от утечек, осмотров и технического обслуживания, а также в результате поломок;*

Выбросы от удаления оборудования в отходы = *суммарная паспортная емкость списываемого оборудования • доля SF_6, оставшаяся в оборудовании на момент списания.*

Метод уровня 2 – национальные коэффициенты выбросов

В методе уровня 2 используется то же самое базовое уравнение, что и в методе уровня 1, но при этом требуются надежные национальные или региональные коэффициенты выбросов для каждого этапа срока службы. Эти коэффициенты выбросов будут более точными, поскольку они отражают уникальные условия эксплуатации электрооборудования в конкретной стране или регионе. Кроме того, если известны подробные данные о списании оборудования, то выбросы в результате списания можно оценить с большей точностью. Уравнение для оценки выбросов от удаления оборудования в отходы в методе уровня 2 включает члены, которые учитывают извлечение SF_6 при списании и удалении в отходы:

Уравнение 8.2

Выбросы от удаления оборудования в отходы с использованием национального коэффициента выбросов

Выбросы от удаления оборудования в отходы = суммарная паспортная емкость списываемого оборудования • доля SF_6, сохранившаяся в оборудовании на момент списания • (1 – доля списываемого оборудования, из которого извлекают SF_6 • эффективность извлечения)

Обратите внимание, что в методе уровня 2 используют только национальные коэффициенты выбросов.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

8.2.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Поскольку интенсивности выбросов меняются не только от страны к стране, но и от региона к региону и от предприятия к предприятию, составителям кадастра рекомендуется разрабатывать и применять свои собственные коэффициенты выбросов.

Эффективным способом разработки таких коэффициентов является поиск репрезентативных производителей оборудования и энергетических предприятий в регионе. В целом *ЭФФЕКТИВНАЯ ПРАКТИКА* предусматривает документирование доказательств и рассуждений в поддержку выбранных коэффициентов выбросов, а также пересмотр этих коэффициентов каждые 5 лет.

На интенсивность выбросов влияют такие факторы, как конструкция оборудования (которая меняется в зависимости времени и места его производства), практика обращения с SF_6, доступность современного оборудования для обращения с SF_6, цены на SF_6 и законодательство (например, об обязательном извлечении газов). Изменение любого из этих факторов может влиять на интенсивность выбросов с течением времени.

Метод уровня 1

Предлагаемые коэффициенты выбросов по умолчанию были разработаны для некоторых регионов на основании последних исследований. Эти коэффициенты представлены в таблицах 8.1 – 8.3 далее. В эффективной практике принято выбирать те коэффициенты выбросов по умолчанию, которые были разработаны для стран и регионов, имеющих аналогичное оборудование и практику обращения с SF_6. Поскольку Япония и Европа поставляют большую часть мирового электрооборудования, то конструкция оборудования, по-видимому, будет аналогична конструкции либо японских, либо европейских изделий. Коэффициенты выбросов по умолчанию – это те, коэффициенты, которые были задокументированы для 1995 года, т.е. до того времени, когда в промышленности были предприняты меры по снижению выбросов.

Метод уровня 2

Коэффициенты выбросов для метода уровня 2 обычно разрабатывают на основании данных, полученных от репрезентативных производителей и энергетических предприятий, которые отслеживают выбросы по этапам срока службы, в основном с использованием уровня 3, по крайней мере, в течение года. (Коэффициенты выбросов для удаления в отходы должны также учитывать выбросы, которые происходят после удаления с места эксплуатации; об этом речь пойдет ниже). Для расчета коэффициентов эти выбросы для отдельных фаз срока службы делят на соответствующее потребление SF_6 или емкость оборудования в этой фазе срока службы (т.е. на потребление SF_6 для выбросов от производства, на суммарную емкость всего существующего оборудования для выбросов от эксплуатации и на емкость списываемого оборудования для выбросов от окончательного использования и удаления в отходы). Например, для расчета коэффициента выбросов от производства, общие выбросы, полученные по результатам исследований отдельных производителей, суммируют и затем делят на суммарное количество SF_6, потребленного этими производителями. Этот коэффициент выбросов затем можно применить ко всему сектору производства, с использованием количества SF_6, потребленного производителями внутри региона. Аналогичный подход можно применить к расчету и применению коэффициентов выбросов от эксплуатации оборудования.

Таблица 8.1 – Герметизированное электрооборудование (распределительные устройства среднего напряжения), содержащее SF_6: коэффициенты выбросов по умолчанию

Фаза	Производство (доля потребления SF_6 производителями)	Эксплуатация (включая утечки, крупные поломки/замыкание и потери при обслуживании) (доля от паспортной емкости всего установленного оборудования, потерянная за год)	Удаление в отходы (доля от паспортной емкости списанного оборудования)	
			Срок службы (годы)	Доля заряда вещества, оставшаяся при списании [1]
Европа	0,07	0,002	>35	0,93
Япония	0,29	0,007	нет данных	0,95

[1] *Т.е. доля от первоначального заряда оборудования или паспортной емкости, оставшаяся оборудовании в конце срока службы;*

Источник: *Межправительственная, 2006*

Коэффициент выбросов для удаления в отходы должен учитывать три фактора: (1) частоту извлечения (доля оборудования, у которого извлекают заряд), (2) эффективность извлечения (доля заряда, извлекаемая в процессе извлечения). Количества (1) и (2) будут автоматически учтены в коэффициентах выбросов, основанных на использовании массово-балансового метода уровня 3 для репрезентативных предприятий.

Таблица 8.2 – Закрытое электрооборудование (высоковольтные распределительные устройства), содержащее SF_6 коэффициенты выбросов по умолчанию

Фаза	Производство (доля потребления SF_6 производителями)	Эксплуатация (включая утечки, крупные поломки/замыкание и потери при обслуживании) (доля от паспортной емкости всего установленного оборудования, потерянная за год)	Удаление в отходы (доля от паспортной емкости списанного оборудования)	
			Срок службы (годы)	Доля заряда вещества, оставшаяся при списании
Европа	0,085[b]	0,026	>35	0,95
США	нет данных	0,14[g]	>35	Включены в коэффициент выбросов от эксплуатации
Япония	0,29[b]	0,007	нет данных	0,95

[bg] *Включает выбросы от установки*

Источник: *Межправительственная, 2006*

Коэффициент выбросов (утечек) от эксплуатации элегазового электрооборудования в России составляет по техническим требованиям к аппаратуре 1%. Реальные выбросы, по данным энергокомпаний, в настоящее время несколько ниже и составляют

около 0,5% (Данные Минэнерго за последние 6 лет). Электрооборудование, содержащее SF_6, *эксплуатируется в России со второй половины восьмидесятых годов, поэтому выбросы от удаления оборудования в отходы в настоящее время не учитываются.* (Российская, 2006 –.….)

Таблица 8.3 – Трансформаторы с газовой изоляцией, содержащие SF_6: коэффициенты выбросов по умолчанию

Фаза	Производство (доля потребления SF_6 производителями)	Эксплуатация (включая утечки, крупные поломки/замыкание и потери при обслуживании) (доля от паспортной емкости всего установленного оборудования, потерянная за год)	Удаление в отходы (доля от паспортной емкости списанного оборудования)	
			Срок службы (годы)	Доля заряда вещества, оставшаяся при списании [1]
Япония	0,29	0,007	нет данных	0,95

[1] *Т.е. доля от первоначального заряда оборудования или паспортной емкости, оставшаяся оборудовании в конце срока службы.*

Источник: *Межправительственная, 2006*

8.2.2.3 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности необходимые для различных методов оценки можно получить у производителей оборудования, пользователей оборудования, предприятий по утилизации оборудования и в промышленных и энергетических компаниях региона. Выбор наилучшего источника данных зависит от метода оценки и региональных условий.

Метод уровня 1

Потребление SF_6 производителями оборудования. Потребление SF_6 производителями оборудования можно оценить, получив информацию от производителей оборудования, о закупках, возврате SF_6 и об изменении запасов SF_6 в контейнерах.

Паспортная емкость нового и списываемого оборудования. Паспортную емкость можно оценить с помощью одного или нескольких следующих источников данных: (1) информация от производителей/продавцов оборудования о суммарной паспортной емкости оборудования, которое они произвели, или ввезли, или вывезли из региона, (2) информация от энергетических и промышленных компаний о суммарной паспортной емкости оборудования, которое они установили или списали за год. При оценке паспортной емкости нового оборудования составители кадастра должны приплюсовать паспортную емкость ввезенного из других регионов оборудования и вычесть паспортную емкость оборудования, вывезенного из региона.

Для списанного оборудования информация о продажах или емкости должна быть исторической, начиная от того года, когда списанное в текущем году оборудование было построено. Типичный срок службы электрооборудования составляет 30-40 лет. Если данные о суммарной паспортной емкости списанного оборудования не известны, то ее можно оценить по новой паспортной емкости, используя оценочный ежегодный рост емкости оборудования. При оценке темпа роста в эффективной практике рассматривают

количество единиц оборудования, продаваемого ежегодно, и среднюю паспортную емкость оборудования. Следующее уравнение можно использовать для оценки паспортной емкости списанного оборудования, если эти данные напрямую недоступны:

Уравнение 8.3

Паспортная емкость списанного оборудования

$$\textit{Паспортная емкость списанного оборудования} = \textit{Паспортная емкость нового оборудования} / (1 + g)^L$$

где:

L = срок службы оборудования;

g = скорость роста.

Согласно глобальному исследованию, проведенному в 2004 году, среднегодовой рост продаж SF_6 производителям оборудования между 1970 и 2000 годами составил приблизительно 9%. При отсутствии региональных или национальных данных можно использовать коэффициент по умолчанию 9%.

Суммарная паспортная емкость установленного оборудования. Суммарную паспортную емкость установленного оборудования можно оценить с помощью тех же источников данных, которые используются для оценки паспортной емкости нового и списанного оборудования. Если используются данные от производителей оборудования, то они должны включать данные о продажах для всего срока службы оборудования (30-40 лет).

Метод уровня 2

Количества можно оценить так же, как для уровня 1, см. выше. В таблице 8.4 приводится перечень данных о деятельности для всех уровней, которые должны быть использованы для оценки выбросов SF_6 от электрооборудования.

Таблица 8.4 – Информация, рекомендованная для включения в отчетность по выбросам SF_6 от электрооборудования, для различных уровней

Данные	Уровень 2	Уровень 1
Годовое потребление SF_6 производителями оборудования в масштабах региона	X	X
Паспортная емкость нового оборудования	X	X
Паспортная емкость существующего оборудования	X	X
Паспортная емкость списываемого оборудования	X	X
Коэффициенты выбросов/извлечения	X	
Документация для национальных коэффициентов (если используются национальные коэффициенты)	X	

8.2.2.4 Полнота

Полнота для этой категории источников требует учета выбросов в процессе производства, эксплуатации и удаления оборудования в отходы. В секторе производства для этого необходимо оценить выбросы от:

- производства коммутационной аппаратуры с газовой изоляцией, газовых автоматических выключателей (ГАВ), высоковольтных линий электропередач с газовой изоляцией (ЛЭГИ), наружных измерительных трансформаторов с газовой изоляцией и другого оборудования;
- производителей силовых трансформаторов с газовой изоляцией (СТГИ).

В секторе энергоснабжения и утилизации для этого потребуется учет всех потерь SF_6, связанных с:

- установкой нового электрооборудования;
- утечками, пополнением заряда, техническим обслуживанием и авариями оборудования;
- удалением оборудования в отходы;

В рамках **ЭФФЕКТИВНОЙ ПРАКТИКИ** следует идентифицировать и учитывать промышленное и малое коммунальное оборудование, если оно вносит значительный вклад в суммарные выбросы от категории источников «электрооборудование».

8.2.3 Оценка неопределенностей

Оценки неопределенностей для коэффициентов выбросов по умолчанию для метода уровня 1 показаны в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Неопределенности для коэффициентов выбросов по умолчанию и для фаз срока службы

Фаза	Производство	Эксплуатация (включая утечки, крупные поломки/замыкание и потери при обслуживании)	Удаление в отходы	
			Срок службы (годы)	Доля заряда вещества, оставшаяся при списании [b]
Герметизированное	±20%	±20%	-20%/+40%	Нет данных
Закрытое[15]	±30%	±30%	-10%/+40%	Нет данных
Трансформаторы с газовой изоляцией[c]	±30%	±30%	-10%/+40%	Нет данных

8.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SF_6 И ПФУ В ДРУГОЙ ПРОДУКЦИИ

8.3.1 Введение

Эта категория не включает следующие источники, которые рассматриваются в других разделах Методических рекомендаций**:**

- производство SF_6 и ПФУ (раздел 3.10);
- производство и использование электрооборудования (раздел 8.2);
- первичное и вторичное производство магния и алюминия (глава 4);
- производство полупроводников и плоских индикаторных панелей (глава 6).
- Остальные идентифицированные виды применения SF_6 и ПФУ в этой категории источников включают (*Межправительственная, 2006*):
- SF_6 и ПФУ, используемые в изделиях военного назначения, в частности SF_6, применяемый в бортовых самолётных радиолокационных системах, напри-

мер АВАКС, и ПФУ, применяемые в качестве теплоносителей в электронных изделиях высокой мощности;

- SF_6, используемый в университетских и исследовательских ускорителях частиц;
- SF_6, используемый в ускорителях частиц медицинского и промышленного назначения;
- адиабатические системы, в которых используется свойство низкой проницаемости SF_6 и некоторых ПФУ через резину, например, в легковых автопокрышках и подошве спортивной обуви;
- SF_6 в составе звуконепроницаемых окон;
- ПФУ в качестве теплоносителей в изделиях коммерческого и потребительского назначения;
- ПФУ, применяемые в косметике и медицине;
- прочие виды использования, например, газовоздушный индикатор в лабораторных детекторах и детекторах утечек.

8.3.2 Вопросы методологии

8.3.2.1 Выбор метода

По правилам эффективной практики рекомендуется использовать данные о потреблении, полученные от пользователей SF_6 или ПФУ, разгруппированные по основным типам применения SF_6 и ПФУ. Для сбора этих данных потребуется найти все организации, использующие SF_6 и ПФУ, чтобы определить суммарное потребление SF_6 и ПФУ. После того, как эти данные будут собраны, необходимо определить количества SF_6 и ПФУ, потребленные в отдельных областях применения этой категории источников.

Продукция военного назначения

Использование SF_6 и ПФУ в продукции военного назначения не является источником выбросов на региональном уровне и не должно учитываться в региональных кадастрах выбросов парниковых газов.

Выбросы SF_6 от учебных и исследовательских ускорителей частиц

SF_6 используется в качестве изоляционного газа в университетских и исследовательских ускорителях частиц. Обычно высоковольтное оборудование находится внутри емкости, заполненной SF_6, под давлением выше атмосферного. Количество SF_6 внутри такой емкости может составлять от 5 кг до 10 000 кг и выше, но в основном от 500 до 3 000 кг. При техническом обслуживании оборудования, SF_6 перепускают в контейнер для хранения. Потери SF_6 возникают в основном в процессе извлечения и перемещения газа, когда открывают перепускные клапаны, а также в результате медленных утечек.

В двух недавних исследованиях было показано, что потери SF_6 составляют 5-7% от объема резервуара в год и в целом зависят от частоты открывания резервуара и эффективности оборудования для извлечения и переноса SF_6. Мировая емкость банка по грубым оценкам составляет 500 тонн, при этом ежегодные утечки равны 35 тоннам.

Метод уровня 1

В тех случаях, когда невозможно получить данные от отдельных пользователей ускорителей частиц, можно использовать один крайне грубый метод, который состоит в определении общего количества учебных и исследовательских ускорителей частиц в регионе и использовании нескольких коэффициентов для определения годовых выбросов по уравнению 8.4. Для этого метода уровня 1 необходимо собрать только данные об общем числе учебных и исследовательских ускорителей частиц в конкретном регионе.

Уравнение 8.4

Выбросы от учебных и исследовательских ускорителей частиц

Выбросы = (*Число учебных и исследовательских ускорителей частиц в регионе*) • (*Коэффициент использования* SF_6) • (*Коэффициент заряда* SF_6,) • (*Коэффициент выбросов* SF_6 *для учебного и исследовательского ускорителя частиц*)

где:

Число учебных и исследовательских ускорителей частиц в регионе = общее число учебных и исследовательских ускорителей частиц в регионе. Этот грубый метод не требует от регионов определения числа ускорителей, в которых применяется SF_6;

Коэффициент использования SF_6 = 0,33. Приблизительно одна треть учебных и исследовательских ускорителей частиц использует SF_6 в качестве изолятора;

Коэффициент заряда SF_6 = 2 400 кг SF_6, средний заряд SF_6 в учебном и исследовательском ускорителе частиц;

Коэффициент выбросов SF_6 для учебного и исследовательского ускорителя частиц = 0,07, среднегодовая интенсивность выбросов учебного или исследовательского ускорителя частиц, выраженная в виде доли от общего заряда SF_6.

Метод уровня 2

Если данные о количестве SF_6, содержащегося внутри учебного или исследовательского ускорителя известны, то коэффициент выбросов по умолчанию 7% можно умножить на суммарный заряд SF_6 всех учебных и исследовательских ускорителей в регионе. Уравнение 8.5 предназначено для расчета интенсивности выбросов SF_6 от учебных и исследовательских ускорителей.

Уравнение 8.5

Выбросы от учебных и исследовательских ускорителей частиц (с использованием коэффициента выбросов, на уровне ускорителя)

Суммарные выбросы = (*Коэффициент выбросов* SF_6 *для учебных и исследовательских ускорителей частиц)* • (Σ *Заряды отдельных ускорителей)*

где:

Коэффициент выбросов SF_6 для учебного и исследовательского ускорителя частиц = 0,07, среднегодовая интенсивность выбросов учебного или исследовательского ускорителя частиц, выраженная в виде доли от общего заряда SF_6;

Заряды отдельных ускорителей = Количество SF_6, которое содержится внутри каждого учебного и исследовательского ускорителя.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Выбросы SF_6 от ускорителей частиц промышленного и медицинского назначения

SF_6, также как в учебных и исследовательских ускорителях, используется как изолирующий газ в двух типах промышленных ускорителей (низковольтных и высоковольтных) и в медицинских ускорителях (для лечения рака). Однако коэффициенты выбросов и заряда для промышленных и медицинских ускорителей отличаются от коэффициентов выбросов и заряда учебных и исследовательских ускорителей. Мировая емкость банка промышленных ускорителей частиц по грубым оценкам составляет 500 тонн SF_6, при этом ежегодные утечки равны 35 тоннам. Мировая емкость банка медицинских ускорителей частиц (для радиотерапии) по грубым оценкам составляет менее 5 тонн SF_6, при этом ежегодные утечки равны 5 тоннам. (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 1

В тех случаях, когда невозможно получить данные от отдельных пользователей ускорителей частиц, можно использовать один крайне грубый метод, который состоит в определении общего количества ускорителей частиц в регионе и использовании нескольких коэффициентов выбросов для определения годовых выбросов по уравнению 8.6. Для этого метода уровня 1 необходимо собрать только данные о количестве SF_6-содержащих ускорителей частиц по отдельным типам ускорителей в регионе.

Уравнение 8.6

Выбросы от промышленных/медицинских ускорителей частиц

Выбросы = (число SF_6 – содержащих ускорителей частиц конкретного типа в регионе) • (коэффициент заряда SF_6, кг) • (коэффициент выбросов SF_6 для ускорителя частиц конкретного типа)

где:

Число SF_6 – содержащих ускорителей частиц конкретного типа в регионе = общее количество ускорителей по типам (промышленные высоковольтные, промышленные низковольтные и радиотерапевтические), в которых используется SF_6, в регионе, (Считать только те ускорители, которые используют SF_6. Это условие отличается от расчета по уровню 1 для учебных и исследовательских ускорителей);

Коэффициент заряда SF_6 = средний заряд SF_6 в ускорителях конкретного типа (будет указан ниже);

КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ ДЛЯ SF_6 – СОДЕРЖАЩЕГО УСКОРИТЕЛЯ ЧАСТИЦ = среднегодовая интенсивность выбросов SF_6-содержащего ускорителя частиц конкретного типа, выраженная в виде доли от общего заряда ускорителя.

Таблица 8.6 – Средний заряд SF_6 в ускорителях разных типов

Типы ускорителей частиц	Коэффициент заряда SF_6, кг
Промышленные ускорители частиц – высоковольтные (0,3 – 23 МВ)	1300
Промышленные ускорители частиц – низковольтные (<0,3 МВ)	115
Медицинские (радиотерапевтические) ускорители частиц	0,5
Источник: *Межправительственная, 2006*	

Метод уровня 2 – метод, основанный на коэффициенте выбросов, на уровне пользователя

Если данные о количестве SF_6, содержащегося внутри каждого промышленного и медицинского ускорителя, известны, то следует использовать метод уровня 2 для учебных и исследовательских ускорителей, но умножать коэффициент выбросов для каждого типа ускорителя (эти коэффициенты будут перечислены ниже) на суммарный заряд SF_6 этого типа ускорителей.

Таблица 8.7 – Коэффициенты выбросов для каждого типа ускорителей, (выбросы SF_6 от промышленных и медицинских ускорителей частиц)

Типы ускорителей частиц	Коэффициент выбросов, кг/кг заряда
Промышленные ускорители частиц – высоковольтные (0,3 – 23 МВ)	0,07
Промышленные ускорители частиц – низковольтные (<0,3 МВ)	0,013
Медицинские (радиотерапевтические) ускорители частиц	2,0[1]
[1] *Это среднеарифметическая величина для значений, которые меняются в диапазоне от 1 кг до 10 кг на кг заряда, в зависимости от модели, производителя и периодичности обслуживания.*	
Источник: *Межправительственная, 2006*	

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в Руководящих принципах МГЭИК (*Межправительственная, 2006*).

Выбросы от других секторов применения SF_6 и ПФУ

Эффективная практика предполагает налаживание контактов со всеми производителями/дистрибьюторами газа с целью выявления пользователей SF_6 и ПФУ и ис-

следования объемов потребления газа в тех категориях источников, которые не были рассмотрены выше. Типы применения, которые будут обсуждены далее, принципиально отличаются друг от друга длительностью отсрочки между покупкой SF_6 или ПФУ и его выделением в атмосферу. В некоторых случаях (например, SF_6 для звуконепроницаемого остекления, ПФУ в качестве теплоносителя) химическое вещество довольно хорошо сохраняется в течение срока службы оборудования или продукции, и большая часть выбросов приходится на производство и удаление продукции в отходы. В этих случаях отсрочка между покупкой химического вещества и его окончательным выбросом в атмосферу зависит от срока службы продукции, т.е. от трех лет для шин и спортивной обуви и до 25 лет для звуконепроницаемого остекления. В других случаях (например, SF_6 и ПФУ в качестве индикатора или в медицинских приложениях) химическое вещество полностью улетает в течение года после покупки. Если предварительное исследование показывает, что сектора применения с отсроченными выбросами составляют значительную часть выбросов, то по правилам ЭФФЕКТИВНОЙ ПРАКТИКИ следует использовать расчеты, основанные на коэффициентах для конкретной категории источника, с учетом времени отсрочки выбросов.

Адиабатические системы

Адиабатические системы с использованием SF_6 и частично ПФУ основаны на свойстве низкой проницаемости этих газов через резину. Исторически в этом секторе применяли в основном SF_6, однако в последнее время стали применять также ПФУ с близкими молекулярными весами (например, C_3F_8). К системам с периодом отсрочки 3 года относятся автомобильные шины, подошва спортивной обуви и теннисные мячи. Для систем с выбросами, отсроченными на три года, можно использовать следующую формулу:

Уравнение 8.7

Выбросы от адиабатических систем

Выбросы в году t = продажи в году (t – 3)

Звуконепроницаемое остекление

Примерно одна треть всего закупаемого количества SF_6 улетает в процессе сборки (т.е. при заполнении окон с двойными стеклами). Для запаса газа остающегося внутри окна (емкость окна) годовая интенсивность утечки принята равной 1% (включая поломку стекла). Таким образом, к концу 25-летнего срока службы остается около 75% первоначального запаса. SF_6 начали применять для изготовления окон в 1975 году, поэтому удаление таких окон в отходы началось совсем недавно. Выбросы от этой подкатегории источников следует рассчитывать по уравнениям 8.8 – 8.10:

Уравнение 8.8

Окна с двойным остеклением: сборка

Выбросы от сборки в году t = 0,33 • SF_6, закупленный для заполнения окон в году t

Уравнение 8.9

Окна с двойным остеклением: эксплуатация

Выбросы от эксплуатации в году t = 0,01 • Емкость существующих окон в году t

Уравнение 8.10

Окна с двойным остеклением: удаление в отходы

Выбросы от удаления в отходы в году t = Количество, оставшееся в окне к концу срока службы в году t • (1 – коэффициент извлечения)

Если национальные данные не известны, то в уравнении 8.10 следует применить коэффициент извлечения по умолчанию равный нулю.

ПФУ в качестве теплоносителей в коммерческих и потребительских изделиях

ПФУ используются в качестве теплоносителей во многих коммерческих изделиях с высокой плотностью мощности и в потребительских электронных приборах. К коммерческому применению относится охлаждение суперкомпьютеров, телекоммуникаций и радарных систем аэропорта, а также блоков привода (выпрямителей) на высокоскоростных поездах. Эти приложения потребляют намного меньшие объемы жидких ПФУ, чем производство электроники, но считаются значительными в данном секторе применения. Потребительское использование включает блоки охлаждения для настольных компьютеров, которые работают при высоких напряжениях для ускорения скорости обработки данных. Считается, что отдельные ПФУ, применяемые в этих приложениях, аналогичны ПФУ-теплоносителям, которые используются при производстве электроники (см. главу 6). Во всех этих приложениях жидкие ПФУ находятся в закрытых модулях, поэтому большинство выбросов происходит в процессе производства, обслуживания и удаления в отходы продукции или оборудования. Таким образом, если составители кадастра могут собрать информацию об интенсивностях выбросов в процессе производства, обслуживания и удаления оборудования в отходы, а также о количестве оборудования, произведенного, находящегося в эксплуатации или списанного в каждом году, то они смогут воспользоваться методом уровня 2 или 3 для оценки выбросов от электрооборудования. Для оборудования с разными графиками выбросов (например, с мгновенными выбросами) можно использовать подходящие уравнения из раздела 8.2.

ПФУ в косметике и медицине

ПФУ с относительно большими молекулярными весами (например, $C_{10}F_{18}$) применяются в косметике и медицине благодаря их способности переносить кислород к живым тканям. Косметическое применение включает кремы против морщин, которые, по оценкам, потребляют очень немного ПФУ. Текущие и потенциальные медицинские приложения включают хранение ткани поджелудочной железы, предназначенной для трансплантации (с использованием «двухслойного метода»), хирургию глаза (для лечения разрывов сетчатки), лечение и диагностику заболеваний легких, контрастное вещество в ультразвуковом исследовании и ЯМР-томографии, кровезаменители, лече-

ние ран и заболеваний среднего уха. Все, кроме первых двух медицинских приложений, требуют небольших количеств и/или находятся на стадии разработки. Хранение ткани поджелудочной железы представляет небольшой, но растущий сектор применения. Выбросы от медицинского использования характеризуются высокой неопределенностью, однако считается, что они невелики.

Принято считать, что во всех этих приложениях ПФУ улетает в атмосферу в течение одного года после его закупки. Таким образом, выбросы от этой категории источников можно оценить с помощью уравнения 8.11 для мгновенных выбросов.

Выбросы от прочих приложений SF_6 и ПФУ

Другие приложения SF_6 и ПФУ, помимо вышеперечисленных, включают индикаторы (для поиска утечек, отслеживания потоков воздуха внутри и вне помещения и извлечения нефти) и использование SF6 в производстве оптических кабелей (для придания флуоресцентных свойств стекловолокну). Как правило, газы или жидкости улетают в течение года после покупки. ЭФФЕКТИВНАЯ ПРАКТИКА предусматривает расчет выбросов SF_6 и ПФУ от этих приложений с мгновенными выбросами по следующей формуле:

Уравнение 8.11

Мгновенные выбросы

Выбросы в году t = (0,5 • количество, проданное в году t) + (0,5 • количество, проданное в году t – 1)

Это уравнение напоминает уравнение для заменителей ОРВ с мгновенными выбросами (для аэрозолей, растворителей), которые рассмотрены в главе 7. Это уравнение охватывает период более года, поскольку считается, что и продажи, и выбросы происходят непрерывно в течение года; т.е. химическое вещество, проданное в середине года t-1, улетит полностью к середине года t.

8.3.2.2 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности для этих подкатегорий источников должны быть согласованы с данными, которые используются для расчета выбросов SF_6 от других категорий источников (например, от электрооборудования), чтобы обеспечить полноту учета и отсутствие пропусков.

8.3.3 Оценка неопределённостей

Если исследование внутренних продаж, проведенное на основании данных от национальных производителей и дистрибьюторов по отдельным приложениям, было полным, то точность данных о годовом видимом потреблении будет высокой. Неопределенность оценок выбросов будет также невелика, если все приложения относятся к мгновенным выбросам. В случае приложений с отсроченными выбросами неопределенности будут следующие:

– время отсрочки по умолчанию для адиабатических систем: 3±1 года;

– значения по умолчанию для звуконепроницаемых окон: 50±10% для выбросов при заполнении и 1±0,5% для выбросов в результате утечек/поломок.

Если нет данных о потреблении газов, то неопределенности, связанные с числом и эксплуатацией ускорителей, будут велики. Для ускорителей суммарный заряд SF_6 и интенсивность утечек определяют количество выбросов и связанную с выбросами неопределенность.

8.4 ВЫБРОСЫ N_2O ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

8.4.1 Введение

Выбросы в виде испарений закиси азота (N_2O) могут возникать от использования различных видов продукции, в том числе (*Межправительственная, 2006*):

– медицинского назначения (использование анестезирующих, обезболивающих средств в медицине и ветеринарии);
– пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности (взбитые сливки в баллонах под давлением и т. п.);
– окислителей и травильных агентов для производства полупроводников;
– окислителей, применяемых вместе с ацетиленом, в атомной абсорбционной спектрометрии;
– при производстве азида натрия, который применяется для надувания подушек безопасности;
– окислителя топлива, применяемого в автогонках;
– окислителя для паяльных ламп, применяемых в ювелирном деле и других областях.

В целом медицинское направление и применение в качестве пропеллента в аэрозолях составляют, по-видимому, самые большие источники выбросов. Эффективная практика предусматривает разработку оценок и отчетности по выбросам N_2O от этих источников.

Медицинские приложения

Использование N_2O в анестезии

N_2O для анестезии поставляется в стальных цилиндрах, содержащих не менее 98% N_2O. N_2O используется для анестезии в двух качествах:

a) как анестетик и анальгетик и b) как газ-носитель для летучих анестетиков-фторированных углеводородов, таких как изофлуран, севофлуран и дезфлуран. Анестетическое действие N_2O является дополнительным к анестетическому действию фторированных углеводородов.

Не ко всем анестетикам необходимо добавлять N_2O. Кроме того, использование N_2O противопоказано в некоторых (нечастых) медицинских случаях. Газом-носителем для анестезии может быть либо смесь N_2O с кислородом, либо смесь воздуха и кислорода (в этом случае N_2O не нужен).

Вдыхаемые анестетические вещества все больше и больше назначаются через дыхательные системы, которые рециркулируют выдыхаемые пациентом газы через канистру с поглотителем углекислого газа, перед тем как направить газы назад к пациенту. С использованием этого метода расход газа-носителя можно значительно снизить после нескольких первых минут анестезии, в течение которых потребление пациента высокое. Эта технология известна как низкопоточная анестезия (Low Flow Anaesthesia). Преимуществами низкопоточной анестезии являются снижение выбросов и снижение цены. Некоторые виды анестезии обходятся вообще без N_2O и фторированных углеводородов – в них обезболивающее средство постоянно вводится через вену на протяжении всей хирургической операции. Эта технология известна как тотальная внутривенная анестезия (Total Intravenous Anaesthesia).

Использование N_2O в качестве анальгетика

В некоторых ситуациях вдыхание N_2O облегчает боль. Например, в Великобритании N_2O поставляется в стальных цилиндрах в виде смеси 50% N_2O и 50% кислорода. Готовые смеси N_2O с кислородом используются для облечения боли при деторождении, для проведения кратковременных болезненных процедур, например, в качестве временной повязки на ожоги. Готовые смеси N_2O с кислородом не используются в регионах с очень холодным климатом, поскольку эта смесь может расслоиться (если цилиндры хранятся при температуре ниже 6 °C), в результате чего возникает опасность подачи пациентам чистого N_2O без кислорода.

Использование N_2O в ветеринарии

N_2O используется для анестезии животных. Методы введения такие же, как для человека.

Использование в качестве пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности

N_2O используется в качестве пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности. Обычно он применяется в производстве взбитых сливок, где картриджи, наполненные N_2O, используются для раздувания крема в пену.

8.4.2 Вопросы методологии

8.4.2.1 Выбор метода

Следуя эффективной практике, принято оценивать выбросы N_2O на основании данных о поставках N_2O, которые получают от производителей и дистрибьюторов продукции с N_2O, в соответствии с уравнением 8.12, представленным ниже. Между производством, доставкой и использованием имеется временной перерыв, однако этот перерыв невелик в случае медицинского применения, поскольку больницы, как правило, быстро получают материалы, чтобы не содержать большие склады. Поэтому было бы разумно предположить, что N_2O-содержащая продукция расходуется в течение года. Что касается использования N_2O в качестве пропеллента в аэрозольной продукции, то надежных данных в подтверждение того, что между производством, поставкой и применением имеется большой временной перерыв, нет. Поэтому принято считать, что и в

этих случаях поставляемая N_2O – содержащая продукция расходуется в течение года. Уравнение 8.12 охватывает период более года, поскольку предполагается, что и поставка, и выбросы происходят непрерывно в течение года; т.е. N_2O, проданный в середине года t-1, полностью улетит к середине года t.

Для этой категории источников невозможно выделить различные уровни из-за отсутствия надежных методов оценки.

Уравнение 8.12

Выбросы N_2O от использования в медицине и пищевой промышленности

$$E_{N_2O}(т) = 0{,}5 \cdot A_I(т) + 0{,}5 \cdot A_i\,(т-1)$$

где:

$E_{N_2O}(т)$ = выбросы N_2O в году *t*, тонны;

$A_i\ (T)$ = суммарное количество поставок N_2O в году т для применения типа I, тонны;

$A_i\ (T\text{-}1)$ = суммарное количество поставок N_2O в году т-1 для применения типа I, тонны.

8.4.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Медицинские приложения

Считается, что вдыхаемый пациентом N_2O, химически не изменяется в организме и целиком возвращается в атмосферу. Поэтому вполне логично принять коэффициент выбросов равный 1,0.

Использование в качестве пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности

N_2O, используемый в качестве пропеллента в герметизированных продукцииых упаковках и в аэрозольной пищевой продукции, не реагирует в течение использования и целиком улетает в атмосферу, что означает, что для этого источника коэффициент выбросов равен 1,0.

Выбор данных о деятельности медицинские приложения

Данные о суммарном количестве N_2O, поставленном для каждого типа применения, следует брать у производителей и дистрибьюторов N_2O-содержащей продукции. Кроме того, информацию об использовании N_2O в медицине можно узнать от отдельных больниц, которые, как правило, ведут учет числа и емкости баллонов с N_2O, закупаемых ежегодно.

Пропорция анестетиков, в которых используется N_2O, меняется от страны к стране и внутри одной страны для различных типов анестетиков. В последние годы наблюдается общее снижение доли анестетиков с N_2O, однако информация об этом довольно ограничена.

При отсутствии данных об использовании N_2O для анестезии можно воспользоваться приблизительным методом оценки выбросов, используемым в Российском национальном кадастре выбросов парниковых газов. Выбросы N_2O рассчитываются по

формуле 8.13 с использованием эмпирического коэффициента выбросов, рассчитанного на основании данных Минздрава РФ о потребности медицинских учреждений в N_2O в 1997 – 1999 гг. и количества операций, выполненных в стационарах. Количество операций, выполненных в стационарах, учитывается органами Росстата. (Российская, 2006 – …..)

Уравнение 8.13

Выбросы N_2O от использования для анестезии

$$E_{N_2O} = EF \bullet N_{\text{операций в стационарах}}$$

где:

E_{N_2O} = выбросы N_2O в году t, тонны,

EF = эмпирический коэффициент выбросов, равный *0,1964* тонн N_2O/тысячу операций в стационарах,

$N_{\text{операций в стационарах}}$ = количество хирургических операций, выполненных в стационарах, тысяча операций

Использование в качестве пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности

Данные о суммарном количестве N_2O, поставленного для каждого типа применения, следует брать у производителей и дистрибьюторов N_2O – содержащей продукции.

8.4.2.3 Полнота

В эффективной практике рекомендуется регулярно проверять, все ли дистрибьюторы N_2O для использования в медицинских учреждениях учтены. Рекомендуется также, по мере возможности, учитывать ввоз и вывоз из региона пищевой продукции, содержащей N_2O.

8.4.3 Оценка неопределённостей

Неопределённости коэффициентов выбросов

В литературе широко распространено мнение о том, что N_2O, вдыхаемый пациентом в процессе анестезии, участвует в обмене веществ. N_2O, постоянно поступающий в организм через легкие, растворяется в крови. Порция вдоха, которая не растворилась в крови, выделяется в атмосферу при следующем выдохе. Усвоение N_2O пациентом вначале высокое, затем быстро падает приблизительно по экспоненциальной зависимости от времени. Логично было бы предположить, что весь назначенный пациенту N_2O со временем возвращается в атмосферу и коэффициент выбросов равен 1,0. Это допущение принимается из практических соображений, поскольку надежных данных по этому вопросу нет. Ошибка в коэффициенте выбросов, возникающая в связи с эти допущением, будет очень мала по сравнению с другими неопределенностями.

N_2O, применяемый в качестве пропеллента в аэрозолях, по-видимому, не реагирует в процессе использования. Поэтому было бы разумно принять коэффициент вы-

бросов равный 1,0; при этом возможная ошибка в коэффициенте выбросов будет очень мала по сравнению с другими неопределенностями.

Неопределённости данных о деятельности

Неопределенности данных о количестве N_2O, поставленного для каждого типа применения, полученные от производителей и дистрибьюторов N_2O – содержащей продукции, могут меняться в широких пределах. Если оценки неопределенностей можно получить у производителей и дистрибьюторов, то их следует использовать. В противном случае можно использовать экспертные оценки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ABARUS Market Research Российский рынок пенополистирольной и пенополиуретановой теплоизоляции, Москва, 2010.
2. Айрапетов Г.А., Безродный О.К., Жолобов А.Л. и др. «Строительные материалы: учебно-справочное пособие». Феникс, Ростов-на-Дону, 2005.
3. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: Учебник для вузов. – М.: Химия, 1999. 472 с.: ил. ISBN 5-7245-1133-9.
4. Бирюлев Г.Н., Гонюх В.М., Корнилов А.В. «Минеральное сырье. Сырье стекольное». Справочник. – М., ЗАО «Геоинформмарк», 1999.
5. Волков В.И., Созуракова С.Д. Исследование и анализ современного состояния потребления в РФ диоксида титана с разработкой прогноза потребления до 2005г. – М.: ОАО «НИИТЭХИМ», 2003. С. 13.
6. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия, ИКЦ «Академкнига», Москва, 2005.
7. Гольдштейн Р. Химическая переработка нефти. Второе исправленное дополненное издание. Пер. с англ. кхн Н.С. Дабагова. под ред. В.И. Исагулянца. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1961.
8. ГОСТ 23671-79 Известняк для стекольной промышленности (кусковой).
9. ГОСТ 23672-79 Доломит для стекольной промышленности (кусковой и молотый).
10. Дружинина Ю.А., Глазко И.Л., Леванова С.В. Переработка капролактамсодержащих стоков в адипиновую кислоту // Экология и промышленность России. 2008, Ноябрь, С. 7–9.
11. Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев Н.Д. Производство соды. – М.: Химия, 1986, 312 с.
12. Золотарев П., Павлов И. Обзор российского рынка аммиака. The chemical Journal, Февраль 2003. С. 58-60.
13. Коломиец М., Михайлова Л. Рынок кальцинированной соды: состояние и прогнозы. The chemical Journal, Октябрь-ноябрь 2005, С. 28-32.
14. Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2006. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006г. 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, Япония. (http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html)
15. Мельников Е.Я., Салтанова В.П., Наумова А.М., Блинова Ж.С. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений: Учебник для техникумов. – М.: Химия, 1983, 432 с. ил.
16. Михайлов В. Короли глиоксаля//Эксперт-Сибирь. №21 (333), 2012. доступно on-line: http://expert.ru/siberia/2012/21/koroli-glioksalya/?n=87778 .
17. ОАО «Волжский абразивный завод». Годовой отчет за 2007 год. 2008, 19 с.
18. Обзор рынка азотной кислоты в СНГ. ИнфоМайн, Москва, 2006.

19. Обзор рынка аммиака в СНГ. ИнфоМайн. Москва, 2013.
20. Обзор рынка кальцинированной соды в СНГ. ИнфоМайн. Москва, 2008.
21. ОСТ 1485-82 Доломит обожженный металлургический.
22. Российская Федерация, 2006 – … Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. – М., 2006 –… (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php).
23. Рынок азотной кислоты в России: обзор и прогноз до 2016. MA ROIF Expert. Выпуск сентябрь 2014, 34 с.
24. Рынок карбида кальция в России: обзор и прогноз. MA ROIF Expert. Выпуск сентябрь 2014, 26 с.
25. Рынок этилена в России: обзор и прогноз до 2016. MA ROIF Expert. Выпуск апрель 2014, 24 с.
26. Сементовский Ю.В., Бобрикова Е.В. Минеральное сырье. Доломит. Справочник. Москва, ЗАО «Геоинформмарк», 1998.
27. Сементовский Ю.В., Минеральное сырье. Известняк. Справочник. Москва, ЗАО «Геоинформмарк», 1999.
28. ТУ 14-8-232-77 Доломит дробленный для производства конвертерных огнеупоров.
29. Фримантл М. Химия в действии. В 2-х ч. Ч. 1: Пер. с англ. – М.: Мир, 1998 – 528с.
30. Шишкин А.В. Карбонатные породы. В сб. «Неметаллические полезные ископаемые СССР». Москва, Недра, 1984, с.195-207.

ПРИЛОЖЕНИЕ. РАБОЧИЕ ФОРМУЛЯРЫ

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Минеральная промышленность – производство цемента
Код категории	2A1
Лист	1 из 2

Тип цементной продукции[1)]	A	B	C
	Масса данного типа цементной продукции	Доля клинкера в цементе	Масса клинкера в данном типе цемент-ной продукции
	(тонн)	(доля)	(тонн)
			C = A * B
Всего:			

[1)] Вставьте дополнительные строки, если производится два или несколько типов

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Минеральная промышленность – производство цемента
Код категории	2A1
Лист	2 из 2

D	E	F	G	H	I
Ввоз по потреблению клинкера	Вывоз клинкера	Масса произво-димого клинкера,	Коэффициент выбро-са для клинкера в конкретном цементе	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
(тонн)	(тонн)	(тонн)	(тонн CO_2/тонн клинкера)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
		F = C – D + E		H = F * G	I = H/10^3

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Минеральная промышленность – производство извести
Код категории	2A2
Лист	1 из 1

Тип извести [1,2)]	A	B	C	D
	Масса извести	Коэффициент выбросов при производстве извести	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн)	(тонн CO_2/тонн извести)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Всего:				

[1)] Вставьте дополнительные строки, если производится два или несколько типов извести.
[2)] Когда информация по конкретному региону о производстве извести по типам не

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Минеральная промышленность – производство стекла
Код категории	2A3
Лист	1 из 1

A	B	C	D	E
Всего производство стекла	Коэффициент выбросов при производстве стекла	Среднегодовая пропорция стеклобоя	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
(тонн)	(тонн CO_2/ тонн стекла)	(доля)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			D = A * B * (1 – C)	E = D/10^3

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Минеральная промышленность – Другие процессы с использованием карбонатов[1)]
Код категории	2A4
Лист	1 из 1

Тип использования	A	B	C	D
	Масса потребляемого карбоната	Коэффициент выбросов для используемого карбоната[34, 4)]	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн)	(тонн CO_2/ тонн карбоната)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Керамика				
Другие виды использования кальцинированной соды				
Неметаллургическое производство				
Прочее[2)]				

[1)] Известняк и другие карбонатные материалы, также потребляемые в различных других отраслях, не рассматриваются в главе 2раздела «Энергетика». Примеры включают карбонаты, используемые в качестве флюсов и зашлакованности агентов при плавке металлов и рафинировании (например, при производстве чугуна и стали и цветных металлов, таких как медь), и в химической промышленности (например, при производстве удобрений). Методы, описанные здесь, для оценки выбросов от использования карбонатов применимы к этим, а также другим отраслям промышленности. Эффективная практика заключается в том, чтобы разделять выбросы от использования известняка, доломита и других карбонатов по категориям промышленных источников, где они происходят (например, производство железа и стали).

[2)] Эта строка должна содержать оценки выбросов, которые не вписываются ни в один из основных источников, представленных в таблице 2.9 в главе 2. Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.

[3)] Для метода уровня 1, то в соответствии с эффективной практикой составители кадастра должны предположить, что 85 процентов карбонатов являются известняками и 15 процентов карбонатов являются доломитами. Для метода уровня 1, для использования кальцинированной соды (Другие потребители кальцинированной соды), это соотношение по умолчанию (0,85:0,15), не должно применяться, так как следует использовать значение по умолчанию для карбоната натрия. (По умолчанию коэффициенты выбросов для различных карбонатов, приведены в таблице 2.1 в главе 2).

[4)] Предполагается, что составители кадастра должны гарантировать, что данные о карбонатах отражают чистые карбонаты, а не карбонатные породы. Если имеются данные только по карбонатным породам, чистота по умолчанию принимается равной 95%. Для глин содержание карбоната по умолчанию принимается равным 10%, если не имеется другой информации.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – производство аммиака			
Код категории	2B1			
Лист	1 из 2			
A	B	C	D	E
Количество аммиака	Необходимые потребности в топливе для производства ам-	Содержание углерода в топливе	Коэффициент окисления углерода топлива	Генерируется CO_2
(тонн)	(GJ/ тонн амиака)	(кг C/GJ)	(доля)	(кг CO_2)
				E = (A*B*C*D)*44/12

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность – производство аммиака		
Код категории	2B1		
Лист	2 из 2		
F	G	H	I
Количество полученной	Взято CO_2 для получения мочевины	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
(кг)	(кг CO_2)	(кг CO_2)	(Гг CO_2)
	G = F * 44/60	H = E – G	I = H/10^6

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность – Производство азотной кислоты		
Код категории	2B2		
Лист	1 из 1		
A	B	C	D
Количество произведенной азотной кислоты	Коэффициент выбросов	Выбросы N_2O	Выбросы N_2O
(тонн)	(кг N_2O/тонн азотной кислоты)	(кг)	(Гг)
		C = A * B	D = C/10^6

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность – Производство адипиновой кислоты		
Код категории	2B3		
Лист	1 из 1		
A	B	C	D
Количество произведенной	Коэффициент выбросов	Выбросы N_2O	Выбросы N_2O
(тонн)	(кг N_2O/тонн адипиновой кислоты)	(кг)	(Гг)
		C = A * B	D = C/10^6

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – Производство капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты			
Код категории	2B4			
Лист	1 из 1			
Химикат	A	B	C	D
	Количество произведенных химикатов	Коэффициент выбросов	Выбросы N_2O	Выбросы N_2O
	(тонн)	(кг N_2O/тонн химикатов)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
Капролактам				
Глиоксаль				
Глиоксиловая кислота				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – Производство карбида			
Код категории	2B5			
Лист	1 из 6 CO_2 Выбросы (расчет на основе используемого сырья)			
Тип производимого карбида	A	B	C	D
	Потребление сырья (нефтяной кокс)	Коэффициент выбросов[1)]	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн)	(тонн CO_2/тонн используемого сырья)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Карбид кремния (SiC)				
Карбид кальция (CaC_2)				

[1)] Коэффициент выбросов должен быть скорректирован для учета углерода, содержащегося в продукте. Смотрите раздел 3.6.2.1.

Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (1 из 6) или следующий лист (2 из 6), но не оба.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – Производство карбида			
Код категории	2B5			
Лист	2 из 6 CO_2 Выбросы (расчет на основе производства карбида)			
Тип производимого карбида	A	B	C	D
	Произведено карбида	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн)	(тонн CO_2/тонн производимого карбида)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Карбид кремния (SiC)				
Карбид кальция (CaC_2)				
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (2 из 6) или предыдущий лист (1 из 6), но не оба.				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность – Производство карбида		
Код категории	2B5		
Лист	3 из 6 CO_2 Выбросы от использования CaC_2 в производстве ацетилена		
A	B	C	D
Карбид кальция используемый в производстве ацетилена	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
(тонн)	(тонн CO_2/тонн используемого карбида)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
		C = A * B	D = C/10^3

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность – Производство карбида		
Код категории	2B5		
Лист	4 из 6 CO_2 Выброс (Всего)		
A	B	C	D
Выбросы CO_2 от производства карбида кремния (SiC)	Выбросы CO_2 от производства карбида кальция (CaC_2)	Выбросы CO_2 от использования CaC_2 в производстве ацетилена	Всего выбросы CO_2
(Гг CO_2)	(Гг CO_2)	(Гг CO_2)	(Гг CO_2)
Из D в Лист 1 из 6 или D в Лист 2 из 6	Из D в Лист 1 из 6 или D в Лист 2 из 6	Из D в лист 3 из 6	D = A + B+ C

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность – Производство карбида		
Код категории	2B5		
Лист	5 из 6 CH_4 Выбросы от производства карбида кремния (SiC) (расчет, основанный на используемом сырье)		
A	B	C	D
Расход сырья (нефтяной кокс)	Коэффициент выбросов	Выбросы CH_4	Выбросы CH_4
(тонн)	(кг CH_4/тонн используемого сырья)	(кг)	(Гг)
		C = A * B	D = C/10^6
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (5 из 6) или следующий лист (6 из 6), но не оба.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность – Производство карбида		
Код категории	2B5		
Лист	6 из 6 CH_4 Выбросы от производства карбида кремния (SiC) (расчет на основе производства карбида)		
A	B	C	D
Произведено карбида	Коэффициент выбросов	Выбросы CH_4	Выбросы CH_4
(тонн)	(кг CH_4/тонн произведенного карбида)	(кг)	(Гг)
		C = A * B	D = C/10^6
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (6 из 6) или предыдущий лист (5 из 6), но не оба.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – Производство диоксида титана			
Код категории	2B6			
Лист	1 из 1			
Тип продукции	A	B	C	D
	Объем производства	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн)	(тонн CO_2/тонн продукта)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Титановый шлак				
Синтетический рутил				
Рутиловый TiO_2				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность – Производство кальцинированной		
Код категории	2B7		
Лист	1 из 2 Натуральная кальцинированная сода (Расчет, основанный на использовании троны)		
A	B	C	D
Количество использованной троны	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
(тонн)	(тонн CO_2/тонн используемой троны)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
		C = A * B	D = C/10^3
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (1 из 2) или следующий лист (2 из 2), но не оба.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность – Производство кальцинированной		
Код категории	2B7		
Лист	2 of 2 Природная кальцинированная сода (расчет на основе продукции)		
A	B	C	D
Всего произведено натуральной кальцинированной соды	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
(тонн)	(тонн CO_2/тонн натуральной кальцинированной соды)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
		C = A * B	D = C/10^3
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (2 из 2) или предыдущий лист (1 из 2), но не оба.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2B8			
Лист	1 из 12 CO_2 Выбросы от производства метанола			
Тип процесса/ Вид сырья[1,2)]	A	B	C	D
	Количество произведенного метанола	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн)	(тонн CO_2/тонн произведенного метанола)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Тип процесса =				
Сырье = [] (Укажите)				
Тип процесса =				
Сырье = [] (Укажите)				
Всего:				
[1)] *Для получения подробной информации о типах процессов и видов сырья, табл. 3.10 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию и сырья по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3.* [2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи
Код категории	2B8
Лист	2 из 12 CH_4 Выбросы от производства метанола

A	B	C	D
Количество произведенного метанола	Коэффициент выбросов	Выброс CH_4	Выброс CH_4
(тонн)	(кг CH_4/тонн произведенного метанола)	(кг)	(Гг)
		C = A * B	D = C/10^6

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи
Код категории	2B8
Лист	3 из 12 CO_2 Выбросы от производства этилена

	A	B	C	D	E
Вид сырья [1,2] (укажите)	Количество произведенного этилена	Коэффициент выбросов	Географический поправочный коэффициент[3]	Выброс CO_2	Выброс CO_2
	(тонн)	(тонн CO_2/тонн произведенного этилена)	(%)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
				D=A*B*C/100	E = D/10^3
Всего:					

[1] *Для подробной информации по видам сырья, табл. 3,13 в главе 3. Для сырья по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3.*

[2] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

[3] *Географический поправочный коэффициент для России равен 130%.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи
Код категории	2B8
Лист	4 из 12 Выбросы CH_4 от производства этилена

	A	B	C	D
Вид сырья[1] [2] (укажите)	Количество произведенного этилена	Коэффициент выбросов	Выбросы CH_4	Выбросы CH_4
	(тонн)	(кг CH_4/тонн произведенного этилена)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
Всего:				

[1] *Для подробной информации по видам сырья, табл. 3,14 в главе 3. Для сырья по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3.*

[2] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи
Код категории	2B8
Лист	5 из 12 Выбросы CO_2 от производства этилен-дихлорида и винилхлорида мономера

Тип процесса [1), 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенных этилен-дихлорида (EDC) и винилхлорида мономера (VCM)	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн)	(тонн CO_2/тонн произведенного EDC) и (тонн CO_2/тонн произведенного VCM)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по типам процессов, табл. 3,15 в главе 3 тома 3. Для типа процесса по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3 тома 3.*

[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

[3)] *Составители кадастра должны использовать либо EDC производство или продукции VCM (не оба) как данные о деятельности.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи
Код категории	2B8
Лист	6 из 12 Выбросы CH_4 производства этилен-дихлорида и винилхлорида мономера

Тип процесса [1),2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенных этилен-дихлорида (EDC) и винилхлорида мономера (VCM) [3)]	Коэффициент выбросов	Выброс CH_4	Выброс CH_4
Тип процесса [1,2)] (укажите)	(тонн)	(кг CH_4/тонн произведенного EDC) и (кг CH_4/тонн произведенного VCM)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
Всего:				

1) *Для подробной информации по типам процессов см таблицы 3,9 и 3,17 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см. таблицу 3.9 в главе 3 тома 3.*

2) *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

3) *Составители кадастра должны использовать либо EDC производство или производство VCM (не оба) как данные о деятельности.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи
Код категории	2B8
Лист	7 из 12 Выбросы CO_2 от производства окиси этилена

Тип процесса[1) 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенной окиси этилена	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн)	(кг CH_4/тонн произведенной окиси этилена)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по типам процессов, табл. 3.18 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3 тома 3.*

[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи
Код категории	2B8
Лист	8 из 12 Выбросы CH_4 от производства окиси этилена

Тип процесса[1) 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенной окиси этилена	Коэффициент выбросов	Выбросы CH_4	Выбросы CH_4
	(тонн)	(кг CH_4/тонн произведенной окиси этилена)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по типам процессов, табл. 3,19 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3.*

[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2B8			
Лист	9 из 12 Выбросы CO_2 от производства акрилонитрила			
Тип процесса[1), 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенного акрилонитрила	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн произведенного акрилонитрила)	(тонн CO_2/тонн акрилонитрила)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по типам процессов, табл. 3.20 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3.*

[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2B8			
Лист	10 из 12 Выбросы CH_4 от производства акрилонитрила			
Тип процесса [1), 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенного акрилонитрила	Коэффициент выбросов	Выбросы CH_4	Выбросы CH_4
	(тонн произведено акрилонитрила)	(кг CH_4/тонн произведено акрилонитрила)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по типам процессов, табл. 3,21 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3.*

[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи
Код категории	2B8
Лист	11 из 12 CO_2 Выбросы CH_4 от производства углеродной сажи

Тип процесса[1), 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенной углеродной сажи	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн)	(тонн CO_2/тонн произведенной углеродной сажи)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по типам процессов, табл. 3.22 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3.*

[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи
Код категории	2B8
Лист	12 из 12 Выбросы CH_4 от производства углеродной сажи

Тип процесса[1), 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенной углеродной сажи (тонн)	Коэффициент выбросов (кг CH_4/тонн произведенной угл. сажи)	Выбросы CH_4 (кг)	Выбросы CH_4 (Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по типам процессов, табл. 3.23 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см таблицу 3.9 в главе 3.*

[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Химическая промышленность – Производство фторсодержащих соединений
Код категории	2B9
Лист	1 из 3 Выбросов ГФУ-23 от производства ГХФУ-22

A	B	C	D
Количество произведенного ГФХУ-22 (кг)	Коэффициент выбросов (кг ГФУ-23/кг произведенного ГХФУ-22)	Выбросы ГФУ-23 (кг)	Выбросы ГФУ-23 (Гг)
		C = A * B	D = C/10^6

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – Производство фторсодержащих соедине-			
Код категории	2B9			
Лист	2 из 3 Выбросы побочных продукции от производства других фторированных соединений			
Фторированные соединения, создаваемые в качестве побочного продукта или при получении главного фторированного соединения [1)]	A	B	C	D
	Количество полученного основного фторированного соединения	Коэффициент выбросов побочного продукта [2)]	Выбросы	Выбросы
	(кг)	(кг выбросов побочного продукта/кг полученного фторированного соединения)	(кг)	(кг)
			C = A * B	D = C/10^6

[1)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо*

[2)] *Для источников, которые не являются ключевыми категориями, летучие выбросы и выбросы побочных продукции считаются одинаковыми и эти выбросы рассчитываются с использованием следующего листа (3 из 3).*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность – Производство фторсодержащих соедине-			
Код категории	2B9			
Лист	3 из 3 Летучие выбросы от производства других фторированных соедине-			
Производство фторированных соединений[1)] (укажите) [1]	A	B	C	D
	Количество произведенных фторированных соединений	Коэффициент выброса летучих веществ[2)]	Выбросы	Выбросы
	(кг)	(кг выброшенных летучих в-в /кг фторированных соединений)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6

[1)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

[2)] *Для источников, которые не являются ключевыми категориями, летучие выбросы и выбросы побочных продукции считаются одинаковыми. Для уровня 1 при отсутствии мер по снижению выбросов, для ГФУ и ПФУ принимается коэффициент выбросов по умолчанию 0,5% от производства, не считая потери при транспортировке и передаче материалов.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Металлургическая промышленность – Производство чугуна и стали
Код категории	2C1
Лист	1 из 2 Выбросы CO_2

Вид сталеплавильного метода, и другое	A	B	C	D
	Количество произведенных стали и чугуна	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(т необработанной стали, чугуна, железа прямого восстановления, агломерата и окатышей)	(тонн CO_2/тонн продукции)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Кислородно-конвертерный				
Электродуговая печь				
Мартеновская печь				
Производство чугуна				
Производство железа прямого восстановления (DRIПроизводство				
Производство агломерата				
Производство окатышей				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Металлургическая промышленность – Производство чугуна и стали
Код категории	2C1
Лист	2 из 2 Выбросы CH_4

Тип производства	A	B	C	D
	Количество продукции	Коэффициент выбросов	Выбросы CH_4	Выбросы CH_4
	(тонн агломерата, железа прямого восстановления и чугуна)	(кг CH_4/тонн продукции)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
Производство агломерата				
Производство железа прямого восстановления				
Производство чугуна				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность – Производство ферросплавов			
Код категории	2C2			
Лист	1 из 2 CO_2			
Тип ферроспла-вова[1),2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенных ферросплавов	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн произведенных ферросплавов)	(тонн CO_2/тонн про-изведенных ферро-сплавов)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по видам ферросплавов, см таблицу 4.5 в главе 4.*
[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность – Производство ферросплавов			
Код категории	2C2			
Лист	2 из 2 Выбросы CH_4			
Тип ферросплавов [1), 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенных ферросплавов	Коэффициент выбросов	Выбросы CH_4	Выбросы CH_4
	(тонн произведенных ферросплавов)	(кг CH_4/тонн произ-веденных ферро-сплавов)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по видам ферросплавов, см таблица 4.7 в главе 4.*
Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность – Производство алюминия			
Код категории	2C3			
Лист	1 из 3 Выбросы CO_2			
Тип технологии	A	B	C	D
	Количество произведенного алюминия	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн произведенного алюминия)	(тонн CO_2/тонн произведенного алюминия)	(тонн)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^3
с предварительным обжигом				
С использованием технологии Содерберга				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность – Производство алюминия			
Код категории	2C3			
Лист	2 of 3 Выбросы CF_4			
Тип технологии	A	B	C	D
	Количество произведенного алюминия	Коэффициент выбросов	Выбросы CF_4	Выбросы CF_4
	(тонн произведенного алюминия)	(кг CF_4/тонн произведенного алюминия)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
CWPB				
SWPB				
VSS				
HSS				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность – Производство алюминия			
Код категории	2C3			
Лист	3 из 3 Выбросы C_2F_6			
Тип технологии	A	B	C	D
	Количество произведенного алюминия	Коэффициент выбросов	Выбросы C_2F_6	Выбросы C_2F_6
	(тонн произведенной продукции)	(кг C_2F_6/тонн произведенной продукции)	(кг)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^6
CWPB				
SWPB				
VSS				
HSS				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность – Производство магния			
Код категории	2C4			
Лист	1 из 2 Выбросы CO_2 от первичного производства			
Источник сырья	A	B	C	D
	Количество первично произведенного магния	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн первично произведенного магния)	(тонн CO_2/тонн первично произведенного магния)	(тонн)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^3
Доломит				
Магнезит				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Металлургическая промышленность – Производство магния		
Код категории	2C4		
Лист	2 из 2 Выбросы SF_6 в процессе литья магния		
A	B	C	D
Количество литой магнезии	Коэффициент выбросов	Выбросы SF_6	Выбросы SF_6
(тонн)	(кг SF_6/тонн литой магнезии)	(кг)	(Гг)
		C = A * B	D = C/10^6
<u>Примечание:</u> Для выбросов HFC 134-a, FK 5-1-12 и их продукции разложения (например, ПФУ) подхода по уровню 1 не представлено, учитывая ограниченное их использование при производстве магния. Однако если данная категория является ключевой, то эффективная практика заключается в сборе данных прямых измерений выбросов этих парниковых газов.			

Сектор	Металлургическая промышленность			
Категория	Металлургическая промышленность – Производство свинца			
Код категории	2C5			
Лист	1 из 1			
Вид источников и печей[1), 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Всего произведено свинца	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн свинца произведено)	(тонн CO_2/тонн свинца произведено)	(тонн)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^3
Всего:				

[1)] *Для получения подробной информации о видах источников и печей см. табл. 4.21 в главе 4*
[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность – Производство цинка			
Код категории	2C6			
Лист	1 из 1			
Тип процесса[1), 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенного цинка	Коэффициент выбросов	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
	(тонн цинка произведено)	(тонн CO_2/тонн цинка произведено)	(тонн)	(Гг)
			C = A * B	D = C/10^3
Всего:				

[1)] *Для подробной информации по видам процессов см. табл. 4.24 в главе 4.*
[2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Использование неэнергетических продукции из топлива и растворителей			
Код категории	2D1			
Лист	1 из 1			
A	B	C	D	E
Количество потребляемых смазочных материалов	Содержание углерода в смазочных материалах	Доля окисленных во время использования (Коэффициент ODU)	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
(TJ)	(тонн-C/TJ)	(доля)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			D = A * B * C * 44/12	E = D/10^3

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Неэнергетические продукты от использования топлива и растворителей – использование смазочных материалов			
Код категории	2D2			
Лист	1 из 1			
A	B	C	D	E
Количество потребляемых твердых парафинов	Содержание углерода в твердых парафинах	Доля окисленных во время использования (коэффициент ODU)	Выбросы CO_2	Выбросы CO_2
(TJ)	(тонн-C/TJ)	(доля)	(тонн CO_2)	(Гг CO_2)
			D = A * B * C * 44/12	E = D/10^3

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Электронная промышленность – Интегральные схемы и полупроводники				
Код категории	2E1				
Лист	1 из 1				
Фторированные соединения (FCs)	A	B	C	D	E
	Доля ежегодных производственных мощностей завода[1]	Годовая проектная мощность производства[1)]	Коэффициент выбросов FC по умолчанию Уровня 1[2)]	CO_2 Экв. Коэффициент преобразования[3)]	Выбросы FC[4)]
	(доля)	(Гм обрабатываемого кремния)	(кг FC/м^2 обрабатываемого кремния)	(тонн CO_2 /тонн FC)	(Гг CO_2 экв.)
					E = A * B * C * D * 10^3
CF_4			0,9		
C_2F_6			1		
CHF_3			0,04		
C_3F_8			0,05		
NF_3			0,04		
SF_6			0,2		
Всего:					

[1)] Тоже самое значение должно быть введено в каждой строке.

[2)] При использовании уровня 1 составители кадастров не должны изменять список фторированных соединений, приведенных здесь. Оценки, выполненные в соответствии с уровнем 1, не должны быть скомбинированы с оценками уровня 2 или 3. Значения коэффициентов выбросов не должны быть изменены.

[3)] Обычно применяются потенциалы глобального потепления (100-летний период) в соответствии с оценочным докладом МГЭИК. Эти коэффициенты должны быть такими же, как те, которые используются в других секторах и категориях для согласованности кадастра.

[4)] Метод уровня 1, в отличие от уровня 3 или 2, разработан для совокупной оценки выбросов фторированных соединений, хотя методология представлена для оценки выбросов по каждому газу.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Электронная промышленность – Плоскопанельные TFT дисплеи				
Код категории	2E2				
Лист	1 из 1				
Фторированные соединения (FCs)	A	B	C	D	E
	Доля ежегодных производственных мощностей завода [1)]	Годовая проектная мощность производства [1)]	Коэффициент выбросов FC по умолчанию Уровня 1[2]	CO_2 Экв. Коэффициент преобразования[3)]	Выбросы FC[4)]
	(доля)	(Гм^2 обработанного стекла)	(г FC/м^2 обработанного стекла)	(тонн CO_2/тонн FC)	(Гг CO_2 экв.)
					E = A * B * C * D
CF_4			0,5		
NF3			0,9		
SF_6			4		
Всего:					

[1)] *То же самое значение должно быть введено в каждой строке.*

[2)] *При использовании уровня 1 составители кадастров не должны изменять список фторированных соединений, приведенных здесь. Оценки, выполненные в соответствии с уровнем 1, не должны быть скомбинированы с оценками уровня 2 или 3. Значения коэффициентов выбросов не должны быть изменены.*

[3)] *Обычно применяются потенциалы глобального потепления (100-летний период) в соответствии с оценочным докладом МГЭИК. Эти коэффициенты должны быть такими же, как те, которые используются в других секторах и категориях для согласованности кадастра.*

[4)] *Метод уровня 1, в отличие от уровня 3 или 2, разработан для совокупной оценки выбросов фторированных соединений, хотя методология представлена для оценки выбросов по каждому газу.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Электронная промышленность – Фотоэлементы		
Код категории	2E3		
Лист	1 из 2		
Фторированные компоненты (FCs)	A	B	C
	Доля ежегодных производственных мощностей завода [1)]	Годовая проектная мощность производства [1)]	Доля производства PV, который использует фторированные соединения
	(Доля)	(Мм^2 обработанного субстрата)	(доля)
C_2F_6			
Всего:			

[1)] *То же самое значение должно быть введено в каждой строке.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Электронная промышленность – Фотоэлементы		
Код категории	2E3		
Лист	2 из 2		
Фторированные компоненты (FCs)	D	E	F
	Уровень коэффициент выбросов FC по умолчанию[1)]	CO_2 экв. Коэффициент преобразования[2)]	Выбросы FC [3)]
	(г FC/м обработанного субстрата)	(тонн CO_2 /тонн FC)	(Гг CO_2 экв.)
			$F = A*B*C*D*E / 10^3$
CF_4	5		
C_2F_6	0,2		
Всего:			

[1)] *При использовании уровня 1 составители кадастров не должны изменять список фторированных соединений, приведенных здесь. Оценки, выполненные в соответствии с уровнем 1, не должны быть скомбинированы с оценками уровня 2 или 3. Значения коэффициентов выбросов не должны быть изменены.*

[2)] *Обычно применяются потенциалы глобального потепления (100-летний период) в соответствии с оценочным докладом МГЭИК. Эти коэффициенты должны быть такими же, как те, которые используются в других секторах и категориях для согласованности кадастра.*

[3)] *Метод уровня 1, в отличие от уровня 3 или 2, разработан для совокупной оценки выбросов фторированных соединений, хотя методология представлена для оценки выбросов по каждому газу.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Электронная промышленность – Теплопроводная жидкость				
Код категории	2E4				
Лист	1 из 1				
Фторированные компоненты (FCs)	A	B	C	D	E
	Доля ежегодных производственных мощностей завода	Годовая проектная мощность производства	Уровень 1 коэффициент выбросов FC по умолчанию[1)]	CO_2 Экв. Коэффициент преобразования[2)]	Выбросы FC[3)]
	(доля)	(Гм^2 потребляемого кремния)	(кг C_6F_{14}/м^2 потребляемого кремния)	(тонн CO_2 /тонн C_6F_{14})	(Гг CO_2 экв.)
					$E = A * B * C * D * 10^3$
C_6F_{14}			0,3		

[1)] *Коэффициент выбросов по умолчанию предполагает, что теплоносители имеют одинаковые потенциалы глобального потепления и C_6F_{14} представляет удовлетворительное приближенное значение. Составители кадастров не должны изменять это значение при использовании уровня 1.*

[2)] *Обычно применяются потенциалы глобального потепления (100-летний период) в соответствии с оценочным докладом МГЭИК. Эти коэффициенты должны быть такими же, как те, которые используются в других секторах и категориях для согласованности кадастра.*

[3)] *Метод уровня 1, в отличие от уровня 3 или 2, разработан для совокупной оценки выбросов фторированных соединений, хотя методология представлена для оценки выбросов по каждому газу.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ – Охлаждение и кондиционирование воздуха			
Код категории	2F1			
Лист	1 из 1			
ГФУ/ПФУ (укажите)	A	B	C	D
	Банк в год кадастра[1)]	Средний коэффициент выбросов от установленной базы	Агент в списанном оборудовании в год кадастра	Выбросы в год кадастра
	(тонн)	(%)	(тонн)	(тонн)
				D = A * B/100 + C
ГФУ-23				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ – Пенообразователи			
Код категории	2F2			
Лист	1 из 1			
ГФУ/ПФУ (укажите)	A	B	C	D
	Действительный заряд за каждый предыдущий год[1)]	Коэффициент выбросов годовых потерь	Потери первого года в год кадастра[1)]	Выбросы в год кадастра
	(тонн)	(%)	(тонн)	(тонн)
				D = A * B/100 + C
ГФУ-245fa				

[1)] *Подробнее по коэффициенту потерь первого года см. табл. 7.4 и 7.5 в главе 7. Для пен с открытыми порами потери первого года обычно принимаются равными 100%.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ – Противопожарная защита				
Код категории	2F3				
Лист	1 из 1				
ГФУ/ПФУ (укажите)	A	B	C	D	E
	Банк в год кадастра	Средний коэффициент выбросов от установленной базы	Агент в списанном оборудовании в год кадастра	Доля восстановленного агента в списанном оборудовании	Выбросы в год кадастра
	(тонн)	(%)	(тонн)	(%)	(тонн)
					E = A * B/100 + C * (1 – D/100)
ГФУ-23					

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ – Аэрозоли				
Код категории	2F4				
Лист	1 из 1				
A		B	C	D	E
Количество ГФУ / ПФУ, содержащееся в аэрозольной продукции, проданной в год кадастра		Количество ГФУ / ПФУ, содержащееся в аэрозольной продукции, проданной за предыдущие годы	Коэффициент выбросов (Потери от использования за текущий год)	Выбросы ГФУ / ПФУ от аэрозольной продукции	Выбросы ГФУ / ПФУ от аэрозольной продукции
Химикат[1, 2]	(тонн)	(тонн)	(доля)	(тонн)	(Гг)
(укажите)				D=A*C+B*(1 – C)	E = D/10^3

[1] *Химические вещества, которые используются для этого, см таблицу 7.1 в главе 7.*
[2] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ – Растворители
Код категории	2F5
Лист	1 из 1

A		B	C	D	E
Количество растворителей (ГФУ / ПФУ), проданных в год кадастра		Количество растворителей (ГФУ / ПФУ), которые проданы в предыдущий год	Коэффициент выбросов (Потери от использования за текущий год)	Выбросы ГФУ / ПФУ от растворителей	Выбросы ГФУ / ПФУ от растворителей
Химикат[1, 2]	(тонн)	(тонн)	(доля)	(тонн)	(Гг)
(укажите)				D=A*C+B*(1 – C)	E = D/10^3

[1] *Химические вещества, которые используются для этого, см. таблицу 7.1 в главе 7.*
[2] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ – Другие применения
Код категории	2F6
Лист	1 из 1

A		B	C	D	E
Количество ГФУ / ПФУ, проданное в год кадастра		Количество ГФУ / ПФУ, проданных в предыдущий год	Коэффициент выбросов (Потери от использования за текущий год)	Выбросы ГФУ / ПФУ от других применений	Выбросы ГФУ/ПФУ от других применений
Химикат[1, 2]	(тонн)	(тонн)	(доля)	(тонн)	(Гг)
(укажите)				D=A*C+B*(1 – C)	E = D/10^3

[1] *Химические вещества, которые используются для этого, см. таблицу 7.1 в главе 7.*
[2] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Производство и использование других продукции – Электрооборудование
Код категории	2G1
Лист	1 из 5 Производственные выбросы SF_6[1)]

Тип оборудования	A	B	C
	Общее потребление SF_6 производителями оборудования	Коэффициент выбросов при производстве [2)]	Производственные выбросы
	(тонн SF_6)	(доля)	(тонн SF_6)
			C = A * B
Герметезированное электрооборудование			
Закрытое электро оборудование			
Трансформаторы с газовой изоляцией			
Всего:			

[1)] *Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета.*

[2)] *Коэффициенты выбросов по умолчанию зависят от региона, для которого оцениваются выбросы. См. таблицы с 8.1 по 8.3 в главе 8.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Производство и использование других продукции – Электрооборудование
Код категории	2G1
Лист	2 из 5 Выбросы SF_6 от установки электрооборудования[1)]

Тип оборудования	D	E	F
	Суммарная паспортная мощность нового оборудования, заполняемая на месте установки	Коэффициент выбросов при монтаже[2)]	Выбросы от установки оборудования
	(тонн SF_6)	(доля)	(тонн SF_6)
			F = D * E
Герметезированное электрооборудование			
Закрытое электрооборудование			
Трансформаторы с газовой изоляцией			
Всего:			

[1)] *Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета.*

[2)] *Коэффициенты выбросов по умолчанию зависят от региона, для которого оцениваются выбросы. См. таблицы с 8.1 по 8.3 в главе 8.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Производство и использование других продукции – Электрооборудование
Код категории	2G1
Лист	3 из 5 Выбросы SF_6 от использования электрооборудования[1)]

Тип оборудования	G	H	I
	Суммарная паспортная мощность нового оборудования, заполняемая на месте установки	Коэффициент выбросов при использовании [2)], [3)]	Выбросы при использовании оборудования
	(тонн SF_6)	(доля)	(тонн SF_6)
			I = G * H
Герметезированное электрооборудование			
Закрытое электрооборудование			
Трансформаторы с газовой изоляцией			
Всего:			

[1)] *Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета.*

[2)] *Коэффициенты выбросов по умолчанию зависят от региона, для которого оцениваются выбросы. См. таблицы с 8.1 по 8.3 в главе 8. Коэффициент выбросов включает выбросы, связанные с утечкой, обслуживанием, техническим обслуживанием и отказами оборудования.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Производство и использование других продукции – Электрооборудование
Код категории	2G1
Лист	4 из 5 Выбросы SF_6 от утилизации электрооборудования[1)]

Тип оборудования	J	K	L
	Суммарная паспортная мощность нового оборудования, заполняемая на месте	Доля SF_6 сохраняющегося при утилизации[2)]	Выбросы от утилизации оборудования
	(тонн SF_6)	(доля)	(тонн SF_6)
			L = J * K
Герметезированное электрооборудование			
Закрытое электрооборудование			
Трансформаторы с газовой изоляцией			
Всего:			

[1)] *Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета.*

[2)] *Коэффициенты выбросов по умолчанию зависят от региона, для которого оцениваются выбросы. См. таблицы с 8.1 по 8.3 в главе 8.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции	
Категория	Производство и использование других продукции – Электрооборудование	
Код категории	2G1	
Лист	5 из 5 Суммарные выбросы SF_6[1)]	
Тип оборудования	M	N
	Выбросы всего	Выбросы всего
	(тонн SF_6)	(Гг SF_6)
	M = C + F + I + L	N = M/10^3
Герметезированное электрооборудование		
Закрытое электрооборудование		
Трансформаторы с газовой изоляцией		
Всего:		

[1)] *Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Производство и использование других продукции – SF_6 и ПФУ от других видов использования продукции				
Код категории	2G2				
Лист	1 из 6 Выбросы SF_6 из университетских и научно-исследовательских ускорителей частиц				
A	B	C	D	E	F
Количество университетских и научно-исследовательских ускорителей частиц в регионе	Коэффициент использования SF_6	SF_6 Коэффициент заряда	Коэффициент выбросов SF_6	Выбросы SF_6	Выбросы SF_6
(количество)	(доля)	(кг SF_6/ускоритель частиц)	(доля)	(кг)	(кг)
				E=A*B*C*D	F = E/10^6

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Производство и использование других продукции – SF_6 и ПФУ от других видов использования продукции				
Код категории	2G2				
Лист	2 из 6 Выбросы SF_6 от промышленных и медицинских ускорителей частиц				
Описание процесса	A	B	C	D	E
	Количество ускорителей частиц, которые используют SF_6	Коэффициент зарядаSF$_6$	Коэффициент выбросов SF_6	Выбросы SF_6	Выбросы SF_6
	(количество)	(кг SF_6/ускоритель	(доля)	(кг)	(Гг)
				D = A * B * C	E = D/10^6
Промышленные ускорители (высокого напряжения: 0,3-23					
Промышленные ускорители (низкого напряжения: <0,3 В.)					
Медицинские					
Всего:					

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Производство и использование других продукции – SF_6 и ПФУ от других видов использования продукции		
Код категории	2G2		
Лист	3 из 6 Выбросы SF_6[1)] от адиабатических систем		
Тип использования[2),3)] (укажите)	A	B	C
	Продажи для заполнения в году t-3	Выбросы SF_6 в год t	Выбросы SF_6 в год t
	(тонн)	(тонн)	(Гг)
		B = A	C = B/10^3
Всего:			

1) *Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета.*
2) *Например, автомобильные шины, спортивные обувные подошвы и теннисные мячи.*
3) *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Производство и использование других продукции – SF_6 и ПФУ от других видов использования продукции				
Код категории	2G2				
Лист	4 из 6 SF_6 Выбросы от звукоизоляционного остекления				
A	B	C	D	E	F
Покупки SF_6 для заполнения окон в год кадастра	Коэффициент выбросов при заполнении	Выбросы при заполнении	Емкость существующих окон в год кадастра	Коэффициент выбросов утечек	Выбросы при утечке
(тонн SF_6)	(доля)	(тонн SF_6)	(тонн SF_6)	(доля)	(тонн SF_6)
		C=A * B			F = D * E

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Производство и использование других продукции – SF_6 и ПФУ от других видов использования продукции			
Код категории	2G2			
Лист	5 из 6 SF_6 Выбросы от звукоизоляционного остекления			
G	H	I	J	K
Количество, оставшееся в окне к концу срока службы (удаление в отходы в год кадастра)	Коэффициент извлечения[1)]	Выбросы от удаления в отходы	Всего выбросы	Всего выбросы
(тонн SF_6)	(доля)	(тонн SF_6)	(тонн SF_6)	(Гг SF_6)
		I = G * (1 – H)	J = C + F + I	K = J/10^3
[1)] *Предполагается равной нулю, если не имеется Ф-фактор восстановления по конкретному региону.*				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Производство и использование других продукции – SF_6 и ПФУ от других видов использования продукции			
Код категории	2G2			
Лист	6 из 6 Выбросы SF_6 и ПФУ от других видов применения			
Тип применения[1), 2)] (укажите)	A	B	C	D
	Количество, проданное в году	Количество, проданное в году t-1	Выбросы в год t	Выбросы в год t
	(тонн)	(тонн)	(тонн)	(Гг)
			C = 0,5 * (A + B)	D = C/10^3
Всего:				
[1)] *Например, индикаторы и использование в производстве оптических кабелей.* [2)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Производство и использование других продукции – N_2O от использования продукции		
Код категории	2G3		
Лист	1 из 2		
Тип применения	A	B	C
	Количество поставок N_2O в году t для данного вида применения	Количество поставок N_2O в году t-1 для данного вида применения	Коэффициент выбросов
	(тонн)	(тонн)	(доля)
Медицинское применение			
Пропеллент в аэрозольной продукции			
Прочее (укажите) [1)]			
Всего:			

[1)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции	
Категория	Производство и использование других продукции – N_2O от использования продукции	
Код категории	2G3	
Лист	2 из 2	
Тип применения	D	E
	Выбросы N_2O	Выбросы N_2O
	(тонн)	(Гг)
	D = (0,5 * A + 0,5 * B) * C	E = D/10^3
Медицинское применение		
Пропеллент в аэрозольной продукции		
Прочее (укажите) [1)]		
Всего:		

[1)] *Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.*