

ГЛАВА 4

ВЫБРОСЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Авторы

Раздел 4.1

Джерри Маркс (США)

Раздел 4.2

Джонатан Любетски (США) и Брюс А. Штайнер (США)

Раздел 4.3

Тор Фэрден (Норвегия), Джонатан С. Любетски (США), Тор Линдстад (Норвегия), Сверр Е. Олсен (Норвегия) и Габриэлла Трэнел (Норвегия)

Раздел 4.4

Джерри Маркс (США), Уильям Коджо Агиеманг-Бонсу (Гана), Маурицио Фирменто Борн (Бразилия), Лаурел Грин (Австралия), Халвор Кванде (Норвегия), Кеннет Марчек (США) и Салли Ранд (США).

Раздел 4.5

Габриэлла Трэнел (Норвегия) и Том Трипп (США)

Раздел 4.6

Джонатан С. Любетски (США) и Джерри Маркс (США)

Раздел 4.7

Джонатан С. Любетски (США)

Сотрудничающие авторы

Раздел 4.2

Роберт Ланца (США)

Раздел 4.4

Винс Ван Сон (США), Пабло Алонсо (Франция), Рон Кнапп (Австралия), Стефани Гаутер (Канада), Мишель Лалонде (Канада), Хезио Алива де Оливейра (Бразилия) и Крис Бэйлис (Соединённое Королевство)

Содержание

| | | |
|---------|---|------|
| 4 | Выбросы металлургической промышленности..... | 4.9 |
| 4.1 | Введение | 4.9 |
| 4.2 | Производство чугуна, стали и доменного кокса | 4.10 |
| 4.2.1 | Введение | 4.12 |
| 4.2.2 | Вопросы методологии..... | 4.18 |
| 4.2.2.1 | Выбор метода: производство доменного кокса | 4.18 |
| 4.2.2.2 | Выбор метода: производство чугуна и стали | 4.20 |
| 4.2.2.3 | Выбор коэффициентов выбросов | 4.26 |
| 4.2.2.4 | Выбор данных о деятельности | 4.30 |
| 4.2.2.5 | Полнота..... | 4.30 |
| 4.2.2.6 | Формирование согласованного временного ряда | 4.32 |
| 4.2.3 | Оценка неопределённостей | 4.32 |
| 4.2.4 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация..... | 4.33 |
| 4.2.4.1 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК)..... | 4.33 |
| 4.2.4.2 | Отчетность и документация..... | 4.34 |
| 4.3 | Производство ферросплавов | 4.35 |
| 4.3.1 | Введение | 4.35 |
| 4.3.2 | Вопросы методологии..... | 4.35 |
| 4.3.2.1 | Выбор метода..... | 4.35 |
| 4.3.2.2 | Выбор коэффициентов выбросов | 4.40 |
| 4.3.2.3 | Выбор данных о деятельности | 4.42 |
| 4.3.2.4 | Полнота..... | 4.43 |
| 4.3.2.5 | Разработка согласованного временного ряда..... | 4.43 |
| 4.3.3 | Оценка неопределённостей | 4.43 |
| 4.3.3.1 | Неопределённости коэффициентов выбросов | 4.43 |
| 4.3.3.2 | Неопределённости данных о деятельности..... | 4.44 |
| 4.3.4 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация..... | 4.44 |
| 4.3.4.1 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК)..... | 4.44 |
| 4.3.4.2 | Отчетность и документация..... | 4.45 |
| 4.4 | Производство первичного алюминия..... | 4.46 |
| 4.4.1 | Введение | 4.46 |
| 4.4.2 | Вопросы методологии..... | 4.46 |
| 4.4.2.1 | Выбор метода для выбросов CO ₂ от производства первичного алюминия..... | 4.46 |
| 4.4.2.2 | Выбор коэффициентов выбросов CO ₂ от производства первичного алюминия..... | 4.50 |
| 4.4.2.3 | Выбор метода для ПФУ | 4.53 |
| 4.4.2.4 | Выбор коэффициентов выбросов для ПФУ | 4.57 |

| | | |
|---------|--|------|
| 4.4.2.5 | Выбор данных о деятельности | 4.58 |
| 4.4.2.6 | Полнота..... | 4.59 |
| 4.4.2.7 | Разработка согласованного временного ряда..... | 4.60 |
| 4.4.3 | Оценка неопределённостей | 4.60 |
| 4.4.3.1 | Неопределённости коэффициентов выбросов | 4.60 |
| 4.4.3.2 | Неопределённости данных о деятельности..... | 4.61 |
| 4.4.4 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация..... | 4.61 |
| 4.4.4.1 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК)..... | 4.61 |
| 4.4.4.2 | Отчетность и документация..... | 4.62 |
| 4.5 | Производство магния..... | 4.64 |
| 4.5.1 | Введение | 4.64 |
| 4.5.2 | Вопросы методологии..... | 4.66 |
| 4.5.2.1 | Выбор метода..... | 4.66 |
| 4.5.2.2 | Выбор коэффициентов выбросов | 4.70 |
| 4.5.2.3 | Выбор данных о деятельности | 4.72 |
| 4.5.2.4 | Полнота..... | 4.73 |
| 4.5.2.5 | Разработка согласованного временного ряда..... | 4.73 |
| 4.5.3 | Оценка неопределённостей | 4.74 |
| 4.5.4 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация..... | 4.75 |
| 4.5.4.1 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК)..... | 4.75 |
| 4.5.4.2 | Отчетность и документация..... | 4.77 |
| 4.6 | Производство свинца..... | 4.78 |
| 4.6.1 | Введение | 4.78 |
| 4.6.2 | Вопросы методологии..... | 4.78 |
| 4.6.2.1 | Выбор метода..... | 4.78 |
| 4.6.2.2 | Выбор коэффициентов выбросов | 4.80 |
| 4.6.2.3 | Выбор данных о деятельности | 4.82 |
| 4.6.2.4 | Полнота..... | 4.82 |
| 4.6.2.5 | Разработка согласованного временного ряда..... | 4.82 |
| 4.6.3 | Оценка неопределённостей | 4.82 |
| 4.6.3.1 | Неопределённости коэффициентов выбросов | 4.83 |
| 4.6.3.2 | Неопределённости данных о деятельности..... | 4.83 |
| 4.6.4 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация..... | 4.83 |
| 4.6.4.1 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК)..... | 4.83 |
| 4.6.4.2 | Отчетность и документация..... | 4.84 |
| 4.7 | Производство цинка..... | 4.86 |
| 4.7.1 | Введение | 4.86 |
| 4.7.2 | Вопросы методологии..... | 4.86 |
| 4.7.2.1 | Выбор метода..... | 4.86 |
| 4.7.2.2 | Выбор коэффициентов выбросов | 4.88 |
| 4.7.2.3 | Выбор данных о деятельности | 4.88 |

| | | |
|-------------|--|------|
| 4.7.2.4 | Полнота..... | 4.90 |
| 4.7.2.5 | Разработка согласованного временного ряда..... | 4.90 |
| 4.7.3 | Оценка неопределённостей..... | 4.90 |
| 4.7.3.1 | Неопределённости коэффициентов выбросов..... | 4.90 |
| 4.7.3.2 | Неопределённости данных о деятельности..... | 4.90 |
| 4.7.4 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация..... | 4.91 |
| 4.7.4.1 | Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК)..... | 4.91 |
| 4.7.4.2 | Отчетность и документация..... | 4.91 |
| Ссылки..... | | 4.93 |

Уравнения

| | | |
|----------------|---|------|
| Уравнение 4.1 | Выбросы от производства кокса – уровень 1..... | 4.18 |
| Уравнение 4.2 | Выбросы CO ₂ от производства кокса на месте – уровень 2..... | 4.19 |
| Уравнение 4.3 | Выбросы CO ₂ от производства кокса на неинтегрированном предприятии – уровень 2 | 4.19 |
| Уравнение 4.4 | Выбросы CO ₂ от производства чугуна и стали – уровень 1..... | 4.22 |
| Уравнение 4.5 | Выбросы CO ₂ от производства доменного чугуна, не предназначенного для переделки в сталь – уровень 1..... | 4.22 |
| Уравнение 4.6 | Выбросы CO ₂ от производства железа прямого восстановления – уровень 1..... | 4.23 |
| Уравнение 4.7 | Выбросы CO ₂ от производства агломерата – уровень 1..... | 4.23 |
| Уравнение 4.8 | Выбросы CO ₂ от производства окатышей – уровень 1..... | 4.23 |
| Уравнение 4.9 | Выбросы CO ₂ от производства чугуна и стали – уровень 2..... | 4.23 |
| Уравнение 4.10 | Выбросы CO ₂ от производства агломерата – уровень 2..... | 4.24 |
| Уравнение 4.11 | Выбросы CO ₂ от производства железа прямого восстановления – уровень 2..... | 4.25 |
| Уравнение 4.12 | Выбросы CH ₄ от производства агломерата – уровень 1..... | 4.26 |
| Уравнение 4.13 | Выбросы CH ₄ от производства доменного чугуна – уровень 1..... | 4.26 |
| Уравнение 4.14 | Выбросы CH ₄ от производства железа прямого восстановления – уровень 1..... | 4.26 |
| Уравнение 4.15 | Выбросы CO ₂ от производства ферросплавов – уровень 1..... | 4.36 |
| Уравнение 4.16 | Выбросы CO ₂ от производства ферросплавов – уровень 2..... | 4.36 |
| Уравнение 4.17 | Выбросы CO ₂ от производства ферросплавов – уровень 3..... | 4.37 |
| Уравнение 4.18 | Выбросы CH ₄ от производства ферросплавов – уровень 1..... | 40 |
| Уравнение 4.19 | Углеродное содержание восстановителей, используемых при производстве ферросплавов | 4.41 |
| Уравнение 4.20 | Выбросы CO ₂ , связанные с потреблением анода и/или анодной массы – уровень 1 | 4.48 |
| Уравнение 4.21 | Выбросы CO ₂ , связанные с потреблением предварительно обожжённого анода – уровень 2 и 3 | 4.48 |
| Уравнение 4.22 | Выбросы CO ₂ от сжигания летучих веществ смолы – методы уровня 2 и 3..... | 49 |
| Уравнение 4.23 | Выбросы CO ₂ от материала загрузки печи обжига - методы уровня 2 и 3..... | 4.49 |

| | | |
|----------------|--|------|
| Уравнение 4.24 | Выбросы CO ₂ от потребления анодной массы – методы уровня 2 и 3 | 4.49 |
| Уравнение 4.25 | Выбросы ПФУ - метод уровня 1 | 4.55 |
| Уравнение 4.26 | Выбросы ПФУ с использованием углового коэффициента – методы уровня 2 и 3 | 4.56 |
| Уравнение 4.27 | Выбросы ПФУ с использованием коэффициента перенапряжения – методы уровня 2 и 3 | 4.56 |
| Уравнение 4.28 | Выбросы CO ₂ от производства первичного магния – уровень 1 | 4.66 |
| Уравнение 4.29 | Выбросы CO ₂ от производства первичного магния – уровень 2 | 4.68 |
| Уравнение 4.30 | Выбросы SF ₆ от производства первичного магния – уровень 1 | 4.68 |
| Уравнение 4.31 | Выбросы SF ₆ от литья магния – уровень 2 | 4.70 |
| Уравнение 4.32 | Выбросы CO ₂ от производства свинца | 4.80 |
| Уравнение 4.33 | Выбросы CO ₂ от производства цинка – уровень 1 | 4.87 |
| Уравнение 4.34 | Выбросы CO ₂ от производства цинка – уровень 1 | 4.87 |

Рисунки

| | | |
|--------------|--|------|
| Рисунок 4.1 | Основные процессы интегрированного производства чугуна и стали | 4.11 |
| Рисунок 4.2 | Технологическая схема производства кокса (выбросы учитывают в категории 1А сектора «Энергетика») | 4.14 |
| Рисунок 4.3 | Технологическая схема производства агломерата | 4.15 |
| Рисунок 4.4 | Технологическая схема производства доменного чугуна | 4.16 |
| Рисунок 4.5 | Технологическая схема производства стали | 4.17 |
| Рисунок 4.6 | Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от производства доменного кокса | 4.20 |
| Рисунок 4.7 | Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от производства чугуна и стали | 4.21 |
| Рисунок 4.8 | Схема принятия решений по оценке выбросов CH ₄ от производства чугуна и стали | 4.22 |
| Рисунок 4.9 | Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от производства ферросплавов | 4.38 |
| Рисунок 4.10 | Схема принятия решений по оценке выбросов CH ₄ от производства FeSi и кремниевых сплавов | 4.39 |
| Рисунок 4.11 | Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от производства первичного алюминия | 4.47 |
| Рисунок 4.12 | Схема принятия решений по оценке выбросов ПФУ от производства первичного алюминия | 4.57 |
| Рисунок 4.13 | Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от кальцинирования исходного сырья в процессе производства первичного магния | 4.67 |
| Рисунок 4.14 | Схема принятия решений по оценке выбросов SF ₆ от переработки магния | 4.69 |
| Рисунок 4.15 | Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от производства свинца | 4.79 |
| Рисунок 4.16 | Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от производства цинка | 4.89 |

Таблицы

| | | |
|--------------|--|------|
| Таблица 4.1 | Коэффициенты выбросов CO ₂ для производства кокса, чугуна и стали – уровень 1 | 4.27 |
| Таблица 4.2 | Коэффициенты выбросов CH ₄ по умолчанию для производства кокса, чугуна и стали – уровень 1 | 4.28 |
| Таблица 4.3 | Углеродное содержание материалов для производства кокса, чугуна и стали (кг С/кг)– уровень 2 | 4.29 |
| Таблица 4.4 | Диапазоны неопределённости | 4.33 |
| Таблица 4.5 | Коэффициенты выбросов CO ₂ для производства различных ферросплавов (тонны CO ₂ на тонну продукта)..... | 4.40 |
| Таблица 4.6 | Коэффициенты выбросов CO ₂ для производства ферросплавов (тонны CO ₂ /тонну восстановителя) | 4.41 |
| Таблица 4.7 | Коэффициенты выбросов CH ₄ по умолчанию (кг CH ₄ /тонну продукта) | 4.42 |
| Таблица 4.8 | Коэффициенты выбросов CH ₄ (кг CH ₄ /тонну продукта)..... | 4.42 |
| Таблица 4.9 | Диапазоны неопределённости | 4.44 |
| Таблица 4.10 | Коэффициенты выбросов CO ₂ для потребления анода или анодной массы, для различных технологий – уровень 1 | 4.50 |
| Таблица 4.11 | Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO ₂ от технологии с предварительным обжигом (CWPB и SWPB) 4.51 | |
| Таблица 4.12 | Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO ₂ от сжигания летучих веществ смолы (CWPB и SWPB) | 4.51 |
| Таблица 4.13 | Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO ₂ от загрузки печи обжига (CWPB и SWPB)..... | 4.52 |
| Таблица 4.14 | Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO ₂ от ванн Содерберга (VSS и HSS) – метод уровня 2 или 3 | 4.53 |
| Таблица 4.15 | Коэффициенты выбросов по умолчанию и диапазоны неопределённости для расчёта выбросов ПФУ от производства алюминия по различным технологиям – метод уровня 1 4.58 | |
| Таблица 4.16 | Угловые коэффициенты и коэффициенты перенапряжения для расчёта выбросов ПФУ от производства алюминия по различным технологиям – метод уровня 2 | 4.59 |
| Таблица 4.17 | Отчётная информация, рекомендуемая в рамках эффективной практики, о выбросах CO ₂ и ПФУ от производства алюминия по уровням..... | 4.63 |
| Таблица 4.18 | Потенциальные выбросы парниковых газов, связанные с производством и переработкой магния..... | 4.64 |
| Таблица 4.19 | Коэффициенты выбросов для производства Mg из различных видов сырья | 4.71 |
| Таблица 4.20 | Выбросы SF ₆ от процессов литья магния – уровень 1 | 4.71 |
| Таблица 4.21 | Коэффициенты выбросов CO ₂ от производства свинца по видам сырья и типам печей (тонны CO ₂ /тонну продукции)..... | 4.81 |
| Таблица 4.22 | Углеродное содержание материалов, используемых при производстве свинца (кг углерода/кг)..... | 4.81 |
| Таблица 4.23 | Диапазоны неопределённости | 4.83 |
| Таблица 4.24 | Выбросы CO ₂ от производства цинка – уровень 1 | 4.88 |
| Таблица 4.25 | Диапазоны неопределённости | 4.90 |

Блоки

| | | |
|----------|---|------|
| Блок 4.1 | Объяснение для слов/символов, используемых в уравнениях этого раздела | 4.36 |
| Блок 4.2 | Анодный эффект | 4.54 |

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 томе 2 (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 ПШИП пропорционально количеству CO_2 , произведённым в этих категориях источников. По умолчанию считается, что CO_2 не улавливается и не размещается на хранение. Дополнительную информацию об улавливании и хранении CO_2 см. в разделе 1.2.2 тома 3, а также в разделе 2.3.4 тома 2.

4.2 ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА, СТАЛИ И ДОМЕННОГО КОКСА

При производстве чугуна и стали могут выделяться диоксид углерод (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O). В этой главе приводится руководство по оценке выбросов CO_2 и CH_4 .¹

Черная металлургия в основном включает:

- первичные предприятия по производству чугуна и стали;
- вторичные предприятия по производству стали;
- предприятия по производству чугуна; и
- предприятия по производству доменного кокса вне плавильного завода.

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 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 (ОПП). Часто часть производства размещается на стороне, на предприятии другого оператора, например, кокс может производиться вне металлургического завода.

В некоторых странах 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 страны должны 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, открытые подовые 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).

Производство чугуна

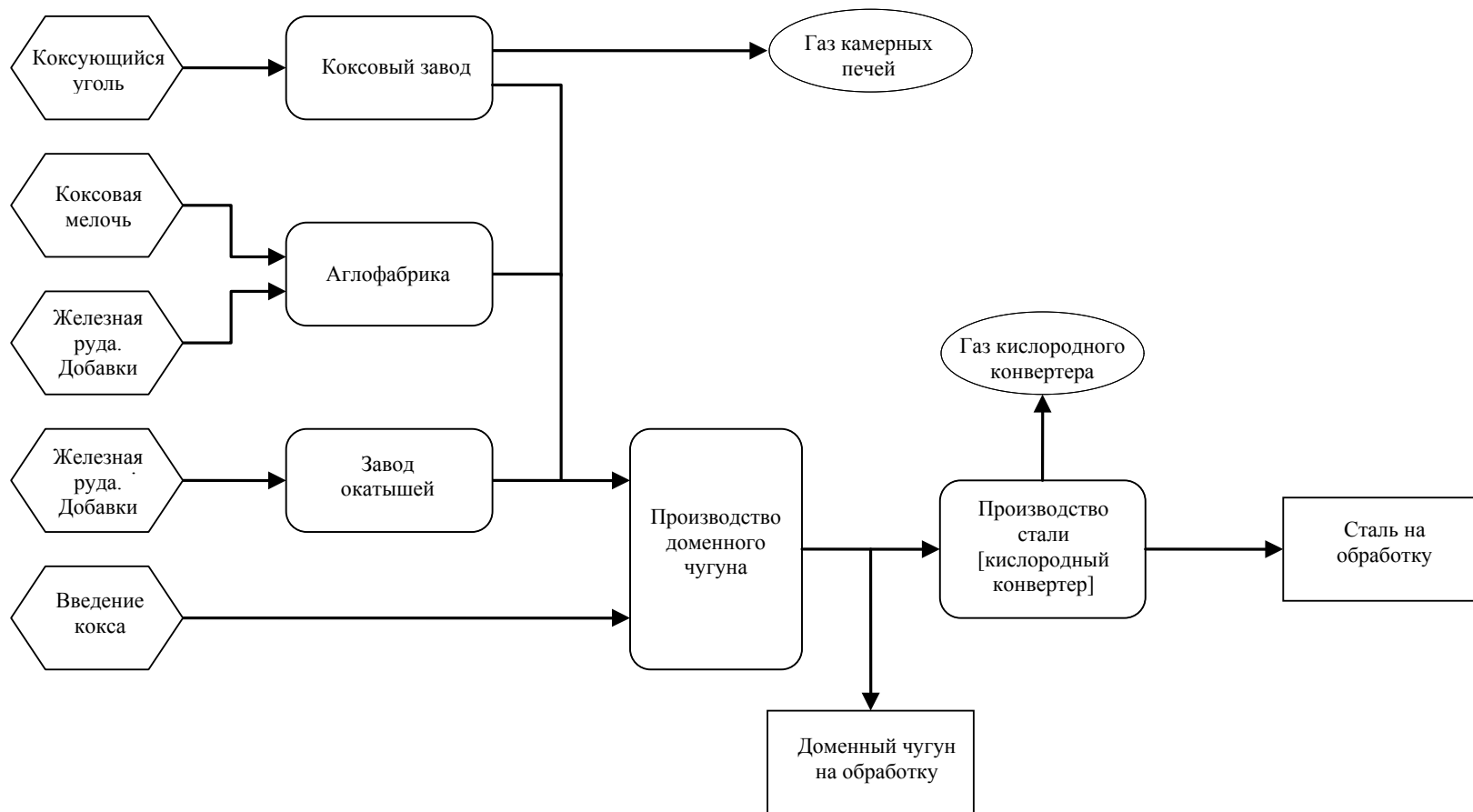
Чугун может производиться на интегрированном сталеплавильном предприятии или на отдельном заводе, включающем доменные печи и кислородные конвертеры. Кроме производства в доменной печи, чугун можно получать прямым восстановлением. Прямое восстановление заключается в восстановлении железной руды при температуре ниже $1\ 000^\circ\text{C}$ 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 1А сектора «Энергетика». Несмотря на это, методики рассматриваются в томе 3, 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», см. том 2 (Энергетика).

¹ Для расчёта выбросов N_2O методика не приводится. Выбросы N_2O , по-видимому, очень невелики; тем не менее, составители кадастра могут их учитывать в том случае, если они разработают научно обоснованную методику оценки выбросов N_2O для своей страны.

Рисунок 4.1 Основные процессы интегрированного производства чугуна и стали*



* Адаптировано из: материалов Европейской конференции “The Sevilla Process: A Driver for Environmental Performance in Industry”, Штутгарт, 6-7 апреля 2000 г., «BREF on the Production of Iron and steel – conclusion on BAT”, Dr. Harald Schoenberger, Regional State Governmental Office Freiburg, Апрель 2000 г. (Schoenberger, 2000).

4.2.1 Введение

ПРОИЗВОДСТВО ДОМЕННОГО КОКСА

Доменный кокс в основном используется для производства 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 магнезии. 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 битумозный уголь с такими характеристиками, которые позволяют получать кокс пригодный для использования в качестве дополнительного 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 распространенный 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 (т.е. из пылевидной руды и добавок) при очень высокой температуре и 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 железа 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 и использовать как источник энергии для печей и для нагрева воздуха дутья. Газ кислородных сталеплавильных печей получают в качестве побочного продукта при производстве стали в кислородных конвертерах и извлекают после выхода газа из конвертера. Весь углерод, используемый в доменных печах, следует рассматривать как выбросы сектора ППИП.

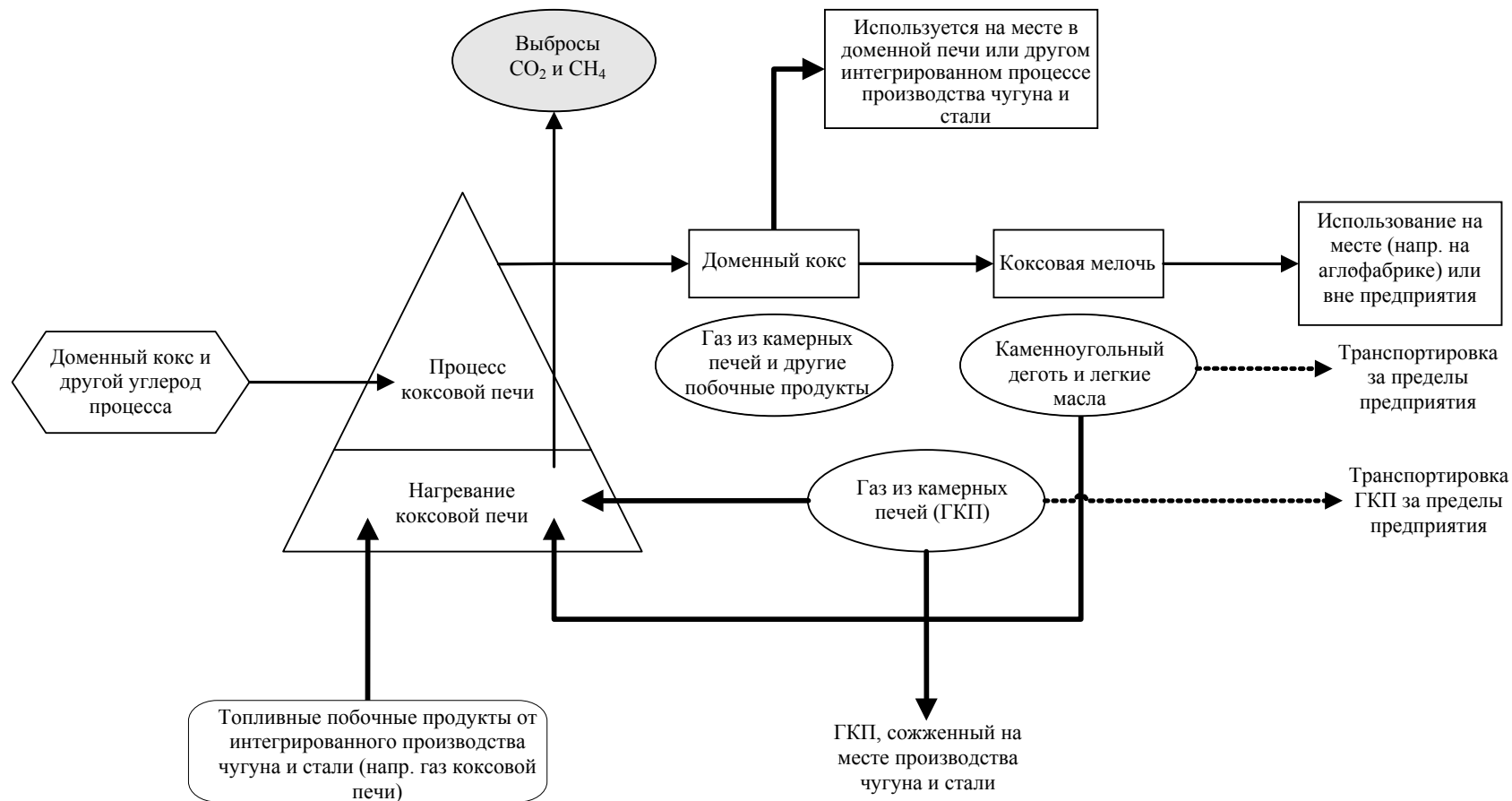
Кроме того, железо можно получать в процессе прямого восстановления. Прямое восстановление заключается в восстановлении железной руды при температуре ниже 1 000°C до металлического железа в твёрдом состоянии. В процессе прямого восстановления образуется твёрдый продукт, который называется железом прямого восстановления (ЖПВ). ЖПВ содержит менее 2% углерода. ЖПВ обычно используется вместо металлолома для получения стали в электродуговых печах, но также может применяться в качестве сырья для производства доменного чугуна. ЖПВ можно также переплавлять в брикеты (железо горячего брикетирования (ЖГБ)), если продукт приходится хранить или перевозить. Выбросы CO₂ 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%). Высокоочищенный 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 1%; при этом железо очищается и сплавляется с добавками с образованием желаемой марки стали.

Производство стали в ЭДП обычно включает 100%-ную загрузку вторичного стального скрапа, 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, а не чугун. Поскольку процесс ЭДП в основном один – плавка лома, без восстановления оксидов, то углерод не играет такой большой роли, как в доменном/конвертерном процессе. На большинстве ЭДП, работающих на скрапе, выбросы CO₂ связаны в основном с расходом углеродных электродов. Весь углерод, используемый 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

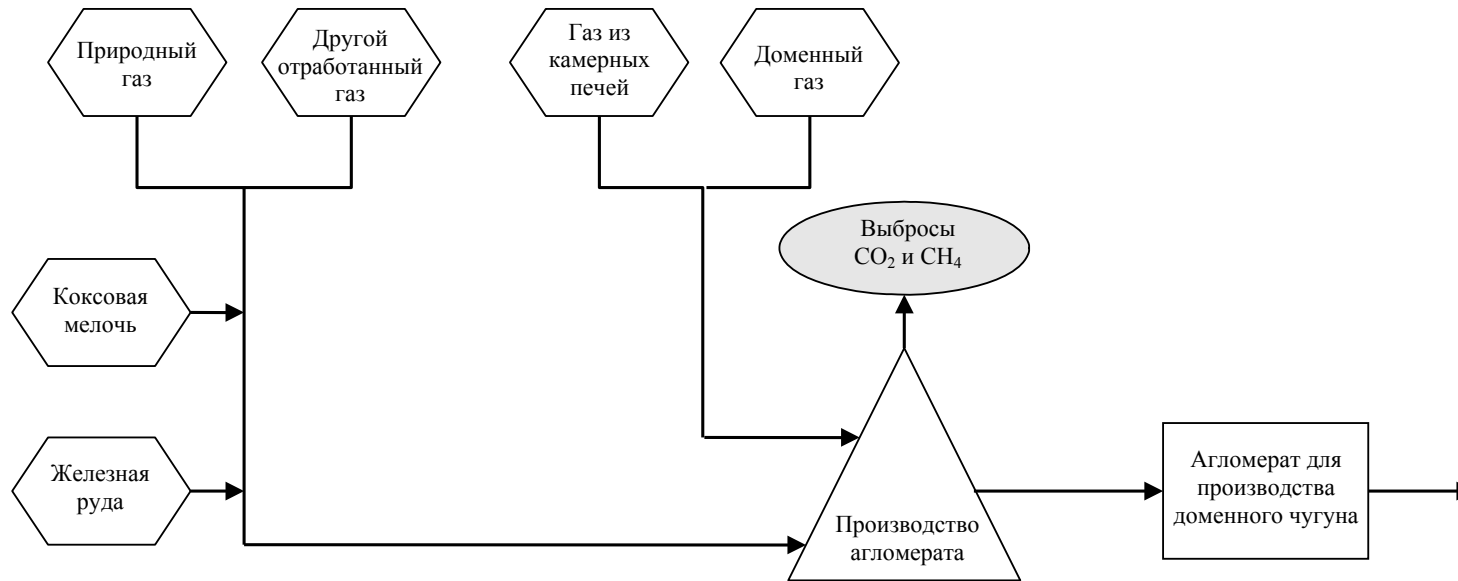


Рисунок 4.4 Технологическая схема производства доменного чугуна

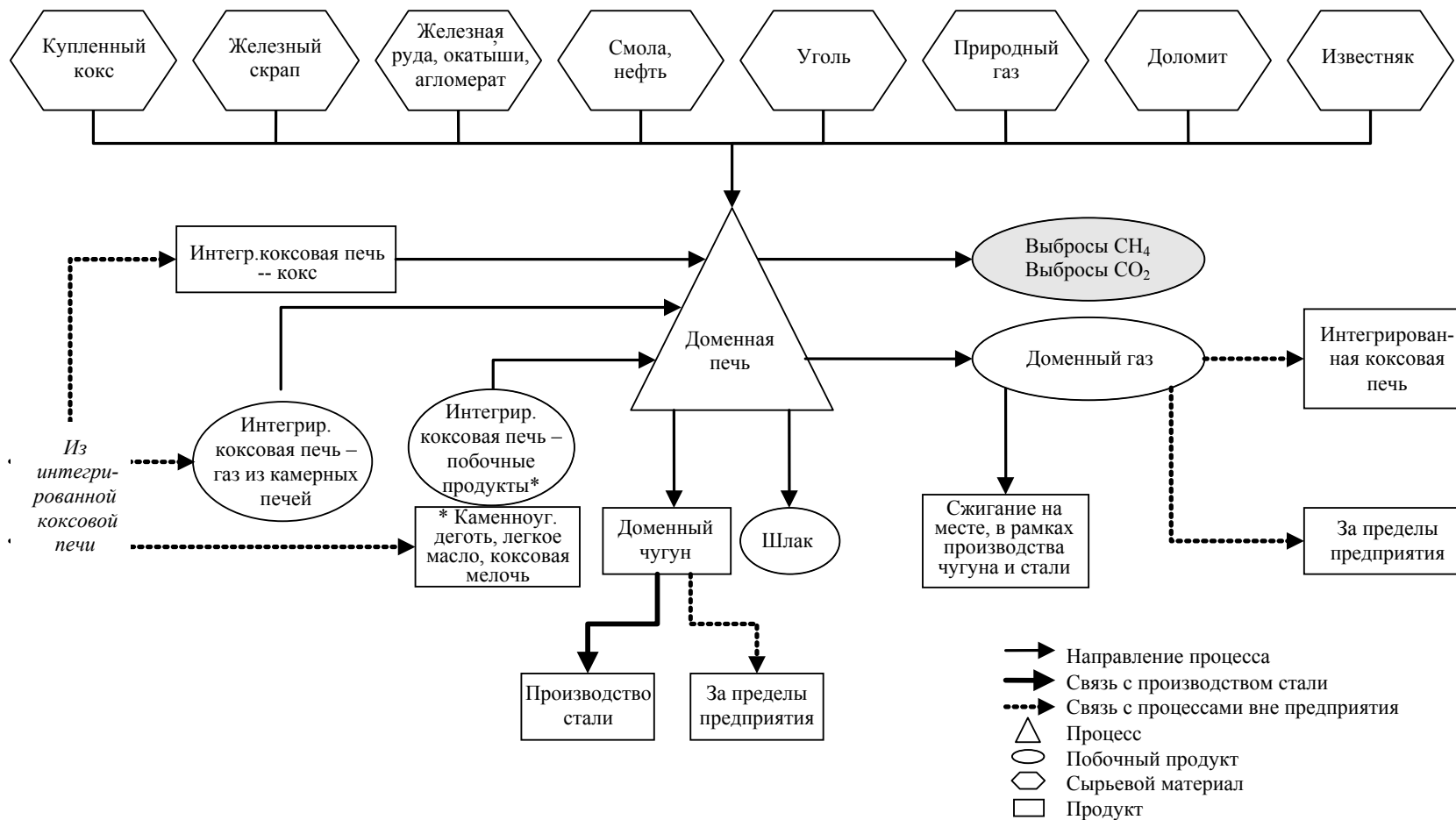
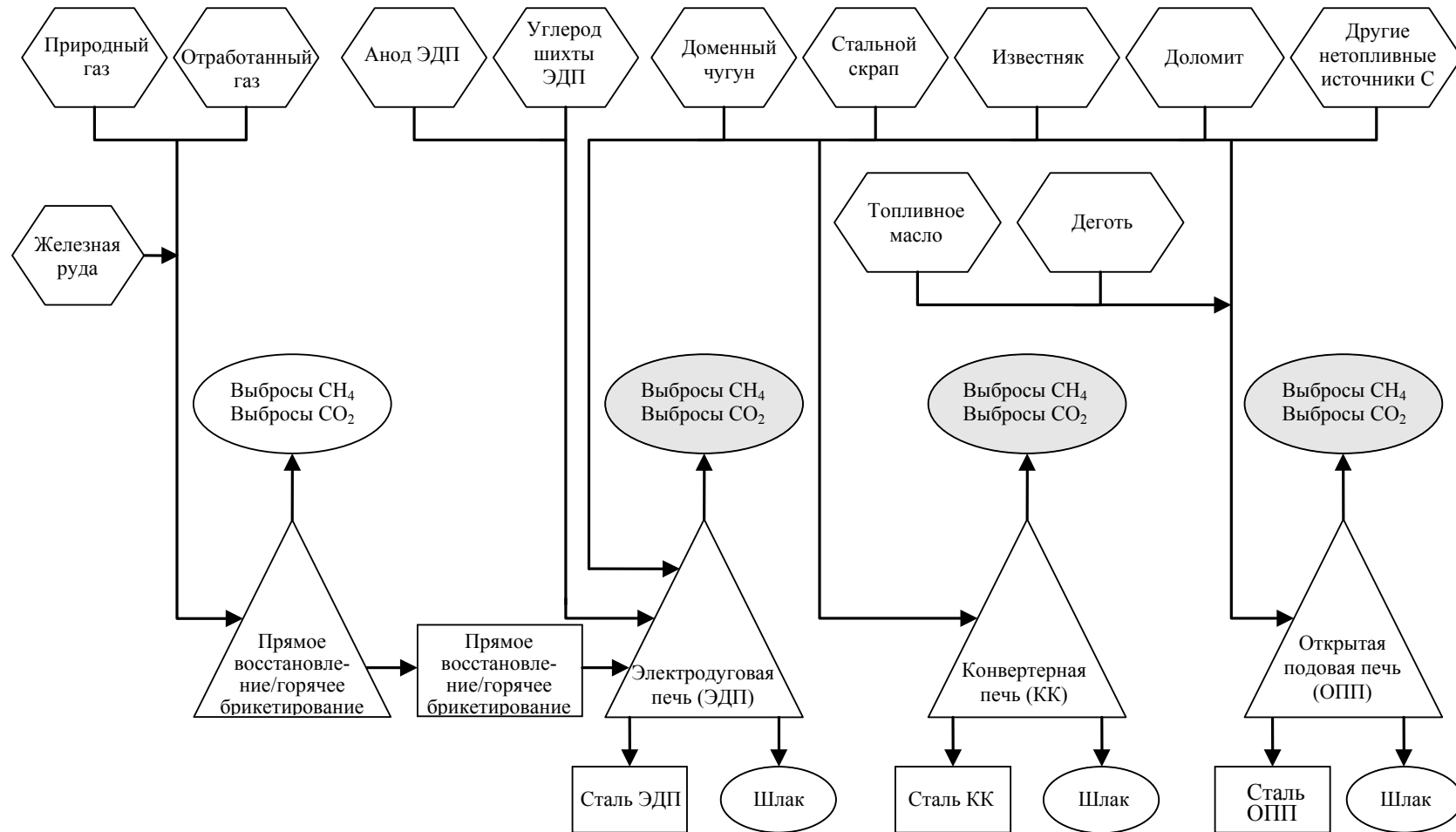


Рисунок 4.5 Технологическая схема производства стали



4.2.2 Вопросы методологии

4.2.2.1 ВЫБОР МЕТОДА: ПРОИЗВОДСТВО ДОМЕННОГО КОКСА

Руководящие принципы МГЭИК представляют три уровня расчёта выбросов CO₂ и два уровня расчёта выбросов CH₄ от производства кокса. Выбор метода оценки в *эффективной практике* зависит от национальных условий, см. схему принятия решений на рисунке 4.6 (Схема принятия решений по оценке выбросов CO₂ от производства доменного кокса). Для выбросов CH₄ используют схему принятия решений на рисунке 4.8. 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 национальное производство кокса.

В методе уровня 2 для оценки выбросов CO₂ производство кокса внутри и вне предприятия учитывают отдельно. В нём используются национальные данные о потреблении и производстве технологических материалов (например, потребление коксующегося угля, производство кокса и продуктов каменноугольного дегтя). Как отмечалось выше, для оценки выбросов CH₄ не применяется уровень 2. Для метода уровня 3 необходимы заводские данные о выбросах CO₂ и заводские данные о выбросах CH₄ либо данные о деятельности конкретных заводов.

МЕТОД УРОВНЯ 1 - КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ, ОСНОВАННЫЕ НА КОЛИЧЕСТВЕ ПРОДУКТА

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».

| |
|--|
| <p>УРАВНЕНИЕ 4.1 ВЫБРОСЫ ОТ ПРОИЗВОДСТВА КОКСА – УРОВЕНЬ 1 $E_{CO_2} = \text{Кокс} \cdot EF_{CO_2}$ и $E_{CH_4} = \text{Кокс} \cdot EF_{CH_4}$ (выбросы следует учитывать в секторе «Энергетика»)</p> |
|--|

Где

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

Кокс = количество кокса, выпущенного в стране, тонны

EF= коэффициент выбросов, тонны CO₂/тонну продукции кокса или тонны CH₄/тонну продукции кокса

Примечание: 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 национальная 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 CO₂ 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 CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА КОКСА НА МЕСТЕ – УРОВЕНЬ 2

$$E_{CO_2, \text{энерг.}} = \left[CC \cdot C_{CC} + \sum_a (PM_a \cdot C_a) + BG \cdot C_{BG} - CO \cdot C_{CO} - COG \cdot C_{COG} - \sum_b (COB_b \cdot C_b) \right] \cdot \frac{44}{12}$$

Где

$E_{CO_2, \text{энерг.}}$ = выбросы CO₂ 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 в доменных печах, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж.. Перевод единиц в соответствии с руководством в томе 2 (Энергетика)).

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

COG = количество газа из камерных печей, транспортированного с места производства, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в томе 2 (Энергетика)).

COB_b = количество побочного продукта *b* коксовой печи, перемещенного 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 CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА КОКСА НА НЕИНТЕГРИРОВАННОМ ПРЕДПРИЯТИИ – УРОВЕНЬ 2

$$E_{CO_2, \text{энерг.}} = \left[CC \cdot C_{CC} + \sum_a (PM_a \cdot C_a) - NIC \cdot C_{NIC} - COG \cdot C_{COG} - \sum_b (COB_b \cdot C_b) \right] \cdot \frac{44}{12}$$

Где

$E_{CO_2, \text{энерг.}}$ = выбросы CO₂ 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 в стране, тонны

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

COG = количество газа из камерных печей, произведённого на неинтегрированных предприятиях страны и транспортированного на другие предприятия, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в томе 2 (Энергетика)).

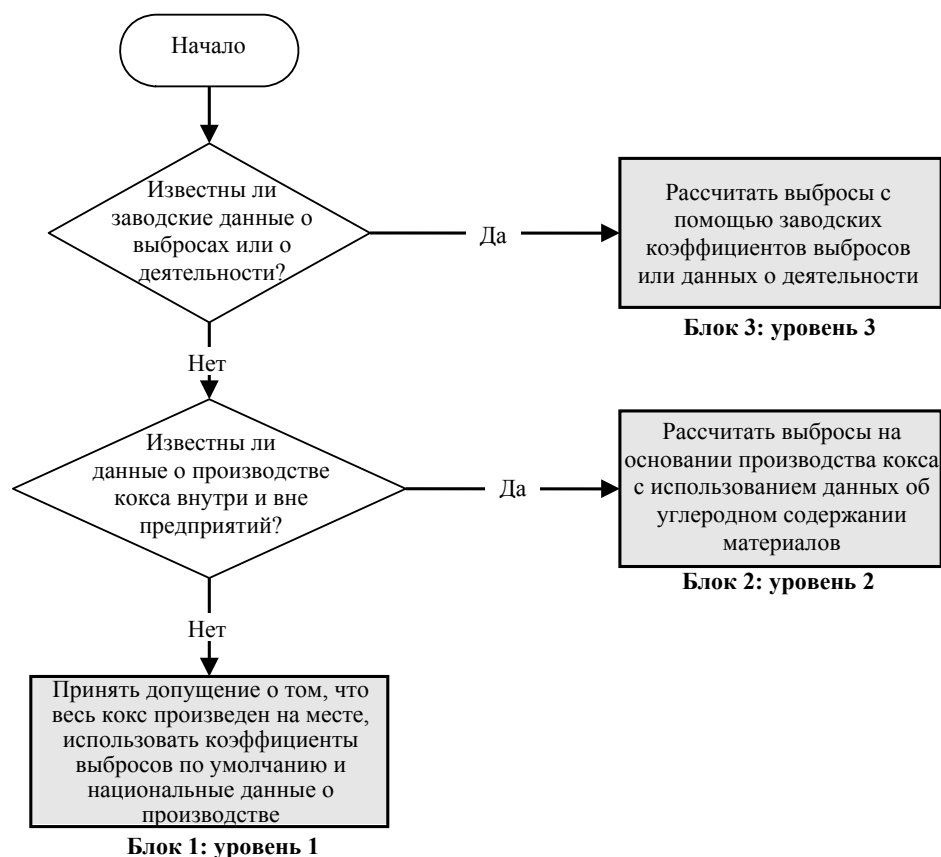
CO_{b_6} = количество побочного продукта b коксовой печи, произведённого на сторонних неинтегрированных предприятиях и перемещённого с места производства на другие предприятия, тонны

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

МЕТОД УРОВНЯ 3

В отличие от метода уровня 2, в методе уровня 3 используются данные конкретных заводов, поскольку заводы могут сильно различаться по технологии и условиям производства. Если фактические измеренные выбросы CO_2/CH_4 для интегрированных и неинтегрированных предприятий по производству кокса известны, то эти данные можно суммировать и использовать напрямую для учёта национальных выбросов от производства доменного кокса по методу уровня 3. Общие национальные выбросы равны сумме выбросов всех предприятий. Если нет данных о заводских выбросах CO_2 , то выбросы CO_2 можно рассчитать на основании заводских данных о деятельности по методу уровня 2 (уравнения 4.2 и 4.3). Общие национальные выбросы CO_2 равны сумме выбросов всех предприятий.

Рисунок 4.6 Схема принятия решений по оценке выбросов CO_2 от производства доменного кокса

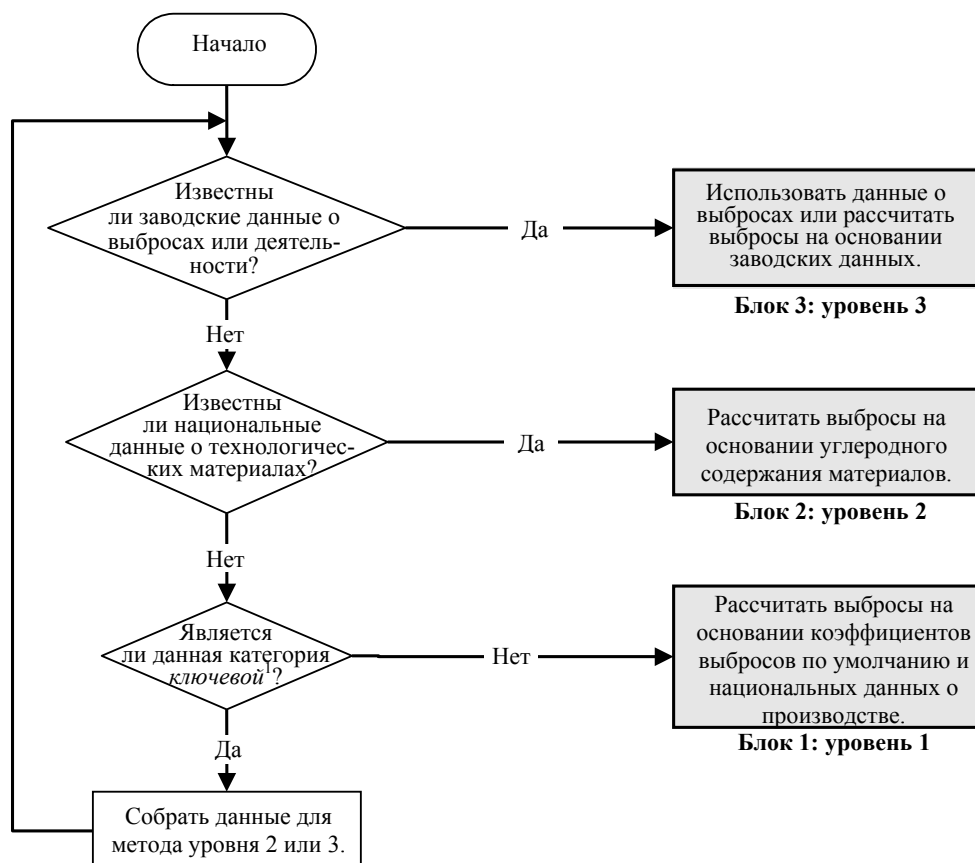


4.2.2.2 ВЫБОР МЕТОДА: ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА И СТАЛИ

Настоящие *Руководящие принципы* 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 условий, см. схему принятия решений для выбросов CO_2 на рисунке 4.7 и для выбросов CH_4 – на рисунке 4.8 (Схема принятия решений по оценке выбросов CO_2 от производства чугуна и стали и схема принятия решений по оценке выбросов CH_4 от производства чугуна и стали). В методе уровня 1 используются национальные данные о производстве и коэффициенты выбросов по умолчанию. Это может давать ошибки из-за использования допущения, 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*. В документе приводятся коэффициенты выбросов по умолчанию для производства агломерата, доменного чугуна, железа прямого восстановления, окатышей, а также для каждого способа выплавки стали. Основные источники выбросов – это производство доменного чугуна и выплавка стали. Метод уровня 2, предназначенный для расчёта выбросов CO_2 от производства чугуна и стали, основан на данных о потреблении сырьевых материалов, включая восстановители, и общепромышленных данных. 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 национального уровня для расчёта выбросов CO_2 и CH_4 .

Рисунок 4.7 Схема принятия решений по оценке выбросов CO_2 от производства чугуна и стали



Примечания:

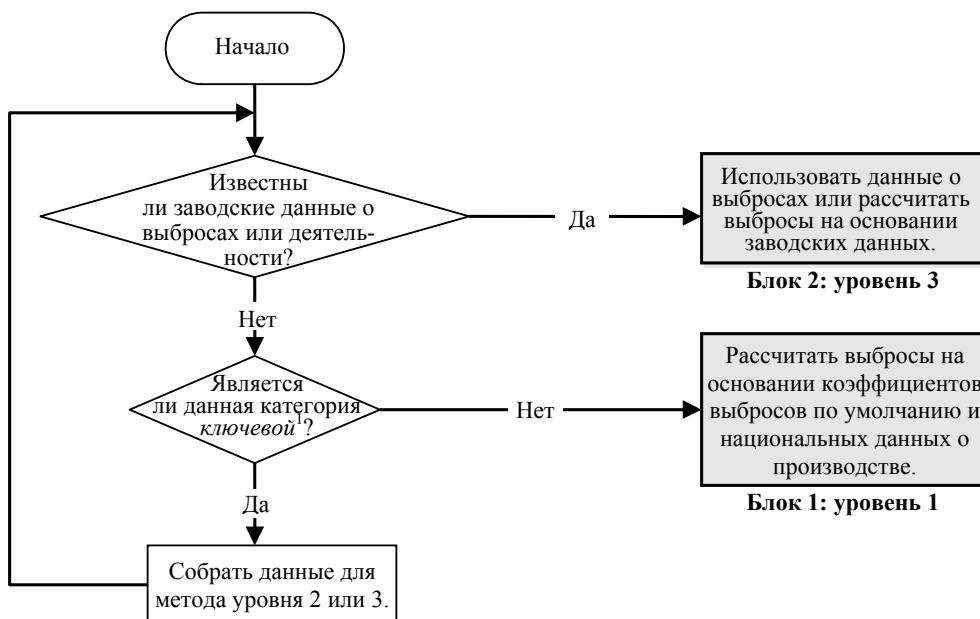
1. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).

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 национальные данные о производстве (уравнение 4.4). 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 способы производства стали в кислородных конвертерах, электродуговых печах (ЭДП) и открытых подовых печах (ОПП). Если данные о производстве стали не известны, то в таблице 4.1 раздела 4.2.2.3 дано распределение национального производства стали между этими тремя способами по умолчанию.

Рисунок 4.8 Схема принятия решений по оценке выбросов CH_4 от производства чугуна и стали



Примечания:

1. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).

В уравнении 4.5 показан расчёт выбросов от производства доменного чугуна, который не переплавляют в сталь. Рекомендуется оценивать выбросы от этого производства отдельно, поскольку коэффициенты выбросов для интегрированного производства чугуна и стали (в кислородных конвертерах и ОПП) учитывают выбросы от обеих стадий производства.

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 национальные 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 равны сумме уравнений 4.4 - 4.8.

| |
|--|
| <p>УРАВНЕНИЕ 4.4</p> <p>ВЫБРОСЫ CO_2 ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА И СТАЛИ – УРОВЕНЬ 1</p> <p>Чугун и сталь: $E_{\text{CO}_2, \text{неэнергетич.}} = \text{KK} \cdot EF_{\text{KK}} + \text{ЭДП} \cdot EF_{\text{ЭДП}} + \text{ОПП} \cdot EF_{\text{ОПП}}$</p> |
|--|

| |
|--|
| <p>УРАВНЕНИЕ 4.5</p> <p>ВЫБРОСЫ CO_2 ОТ ПРОИЗВОДСТВА ДОМЕННОГО ЧУГУНА, НЕ ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ПЕРЕПЛАВКИ В СТАЛЬ – УРОВЕНЬ 1</p> <p>Производство доменного чугуна: $E_{\text{CO}_2, \text{неэнергетич.}} = \text{ДЧ} \cdot EF_{\text{ДЧ}}$</p> |
|--|

УРАВНЕНИЕ 4.6**ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ – УРОВЕНЬ 1**

$$\text{Железо прямого восстановления: } E_{CO_2, \text{неэнергетич.}} = \text{ЖПВ} \cdot EF_{\text{ЖПВ}}$$

УРАВНЕНИЕ 4.7**ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА – УРОВЕНЬ 1**

$$\text{Производство агломерата: } E_{CO_2, \text{неэнергетич.}} = \text{АГЛ} \cdot EF_{\text{Агл.}}$$

УРАВНЕНИЕ 4.8**ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ОКАТЫШЕЙ – УРОВЕНЬ 1**

$$\text{Производство окатышей: } E_{CO_2, \text{неэнергетич.}} = \text{ОКАТ} \cdot EF_{\text{Окат.}}$$

Где

$E_{CO_2, \text{неэнергетич.}}$ = выбросы CO₂, 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, тонны

ДЧ = производство доменного чугуна, не предназначенного для переплавки в сталь, тонны

ЖПВ = количество железа прямого восстановления, выпущенного в стране, тонны

АГЛ = количество агломерата, выпущенного в стране, тонны

ОКАТ = количество окатышей, выпущенных в стране, тонны

EF_x = коэффициент выброса, тонны CO₂/тонну продукции x

Метод уровня 2

Метод уровня 2 применяют в том случае, если составителям кадастра известны национальные данные об использовании материалов в процессе производства чугуна и стали, агломерата, окатышей и ЖПВ. Кроме того, как уже обсуждалось в разделе 4.2.2.5, имеется много других видов сырья и продукции, которые можно учитывать по уровню 2. Эти данные могут быть получены от государственных ведомств, 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 CO₂.

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 CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА И СТАЛИ – УРОВЕНЬ 2**

$$E_{CO_2, \text{неэнерг.}} = \left[PC \cdot C_{PC} + \sum_a (COB_a \cdot C_a) + CI \cdot C_{CI} + L \cdot C_L + D \cdot C_D + CE \cdot C_{CE} + \sum_b (O_b \cdot C_b) + COG \cdot C_{COG} - S \cdot C_S - IP \cdot C_{IP} - BG \cdot C_{BG} \right] \cdot \frac{44}{12}$$

УРАВНЕНИЕ 4.10

ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА – УРОВЕНЬ 2

$$E_{CO_2, \text{неэнерг.}} = \left[CBR \cdot C_{CBR} + COG \cdot C_{COG} + BG \cdot C_{BG} + \sum_a (PM_a \cdot C_a) - SOG \cdot C_{SOG} \right] \cdot \frac{44}{12}$$

Где, для производства чугуна и стали:

$E_{CO_2, \text{неэнерг.}}$ = выбросы CO₂, 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

SE = 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 или отходы пластмасс, тонны

COG = количество газа из камерных печей, израсходованного в доменной печи при производстве чугуна и стали, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в томе 2 (Энергетика)).

S = количество выплавленной стали, тонны

IP = количество выплавленного чугуна, не предназначенного для переплавки в сталь, тонны

BG = количество газа из камерных печей, транспортированного с места производства, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в томе 2 (Энергетика)).

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

Где, для производства агломерата:

$E_{CO_2, \text{неэнерг.}}$ = выбросы CO₂, которые должны учитываться в секторе ППИП, тонны

CBR = количество закупленной и произведенной на месте коксовой мелочи для производства агломерата, тонны

COG = количество газа из камерных печей, потребленного доменной печью при производстве агломерата, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в томе 2 (Энергетика)).

BG = количество доменного газа, израсходованного для производства агломерата, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в томе 2 (Энергетика)).

PM_a = количество другого технологического материала *a*, отличного от материалов, перечисленных в виде отдельных членов, например природного газа или топливного масла, израсходованного для производства кокса и агломерата на интегрированном предприятии по производству чугуна и стали, тонны

SOG = количество отходящего газа от производства агломерата, транспортированного на другое предприятие, например на завод по производству чугуна и стали, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в томе 2 (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 CO₂ 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 CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ – УРОВЕНЬ 2

$$E_{CO_2, \text{неэнерг.}} = (ЖПВ_{ПГ} \cdot C_{ПГ} + ЖПВ_{КМ} \cdot C_{КМ} + ЖПВ_{ДК} \cdot C_{ДК}) \cdot \frac{44}{12}$$

Где

$E_{CO_2, \text{неэнерг.}}$ = выбросы CO₂, которые относятся к сектору ППИП, тонны

$ЖПВ_{ПГ}$ = количество природного газа, израсходованного для производства железа прямого восстановления, ГДж

$ДРИ_{КМ}$ = количество коксовой мелочи, израсходованной для производства железа прямого восстановления, ГДж

$ДРИ_{ДК}$ = количество доменного кокса, израсходованного для производства железа прямого восстановления, ГДж

$C_{ПГ}$ = содержание углерода в природном газе, тонны С/ГДж

$C_{КМ}$ = содержание углерода в коксовой мелочи, тонны С/ГДж

$C_{ДК}$ = содержание углерода в доменном коксе, тонны С/ГДж

Метод уровня 3

В отличие от метода уровня 2, в методе уровня 3 используются заводские данные. Метод уровня 3 даёт ещё более точную оценку выбросов, по сравнению с методом уровня 2, потому что заводы могут сильно отличаться друг от друга по технологии и условиям производства. Если есть фактические измеренные данные о выбросах CO₂, полученные от металлургических предприятий, то эти данные можно суммировать для расчёта национальных выбросов CO₂. Если заводские данные о выбросах CO₂ не известны, то выбросы CO₂ можно рассчитать исходя из заводских данных о деятельности для конкретных восстановителей, отработанных газов и других технологических материалов и продуктов. Общие национальные выбросы равны сумме выбросов отдельных предприятий. В уравнениях 4.9 – 4.11 показаны параметры и данные о деятельности необходимые для учёта выбросов по методу уровня 3 на уровне завода. Для метода уровня 3 надо знать углеродное содержание для каждого материала, используемого на заводе.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CH₄

Углеродсодержащие материалы при нагревании в печи при производстве агломерата или железа выделяют летучие вещества, в том числе метан. В открытых или полужакрытых печах большая часть летучих веществ сгорает до CO₂ над шихтой, в вытяжном колпаке и каналах отходящего газа, но остаются также и непрореагировавшие вещества, такие как CH₄ и летучие неметановые органические соединения (ЛНОС). Количество таких веществ зависит от работы печи. Непрерывная загрузка материалов снижает количество CH₄ по сравнению с загрузкой партиями. Повышение температуры в вытяжном колпаке (уменьшение подсоса воздуха через неплотные соединения) ещё более снижает уровень CH₄.

В этом разделе описан метод уровня 1 по умолчанию и более точный метод уровня 3 на уровне завода для оценки выбросов CH₄ от производства агломерата или железа; оба метода аналогичны тем, что применяются для оценки выбросов CO₂. Метод уровня 2 отсутствует. CH₄ также может выделяться из процессов производства стали, однако эти выбросы считаются весьма незначительными. Поэтому выбросы CH₄ от производства стали здесь не рассматриваются.

В методе уровня 1 для оценки выбросов CH₄ используются коэффициенты выбросов и национальные промышленные статистики.

УРАВНЕНИЕ 4.12**ВЫБРОСЫ CH₄ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА – УРОВЕНЬ 1**

$$\text{Производство агломерата: } E_{\text{CH}_4, \text{неэнерг.}} = \text{АГЛ} \cdot EF_{\text{Агл}}$$

УРАВНЕНИЕ 4.13**ВЫБРОСЫ CH₄ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ДОМЕННОГО ЧУГУНА – УРОВЕНЬ 1**

$$\text{Производство доменного чугуна: } E_{\text{CH}_4, \text{неэнерг.}} = \text{ДЧ} \cdot EF_{\text{ДЧ}}$$

УРАВНЕНИЕ 4.14**ВЫБРОСЫ CH₄ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ – УРОВЕНЬ 1**

$$\text{Железо прямого восстановления: } E_{\text{CH}_4, \text{неэнерг.}} = \text{ЖПВ} \cdot EF_{\text{ЖПВ}}$$

Где

$E_{\text{CH}_4, \text{неэнерг.}}$ = выбросы CH₄, которые относятся к сектору ПШИП, кг

АГЛ = количество агломерата, выпущенного в стране, тонны

ДЧ = количество чугуна, выпущенного в стране, включая чугун, переплавляемый в сталь, и чугун, не предназначенный для переплавки в сталь, тонны

ЖПВ = количество железа прямого восстановления, выпущенного в стране, тонны

EF_x = коэффициент выброса, кг CH₄/тонну продукции x

Метод уровня 3 использует данные о выбросах на уровне завода. Если есть измеренные данные о выбросах CH₄ от производства кокса, то эти данные можно суммировать для расчёта национальных выбросов CH₄. Общие национальные выбросы равны сумме выбросов отдельных предприятий.

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. На основании документа «Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Production of Iron and Steel» (European IPPC Bureau, 2001) (в данном разделе используется сокращенное название этого документа IPPC I&S BAT) считается, что подавляющая часть углерода, загружаемого в доменную печь, содержится в коксе (60-90%).

Коэффициент выбросов CO₂ по умолчанию для производства кокса был выведен как среднеарифметическое заводских выбросов CO₂ для 11 европейских коксовых заводов, данные о которых приводятся в документе IPPC I&S BAT. Выбросы CO₂ представлены в таблице 6.2 документа IPPC I&S BAT в килограммах CO₂ на тонну продукции жидкой стали. Выбросы CO₂ варьируются в интервале 175-200 кг CO₂ на тонну жидкой стали. Переводные коэффициенты представлены в таблице 6.2 документа МГЭИК и равны 940 кг доменного чугуна на тонну жидкой стали и 358 кг кокса на тонну доменного чугуна. На основании этих переводных коэффициентов среднеарифметическое значение выбросов CO₂ для 11 европейских заводов равно 0,56 тонн CO₂ на тонну продукции кокса.

Коэффициент выбросов CO₂ для заводов агломерата был выведен как среднеарифметическое значение выбросов CO₂ для 11 европейских заводов агломерата, данные о которых приводятся в документе IPPC I&S BAT. Выбросы CO₂ представлены в таблице 4.1 документа IPPC I&S BAT в килограммах CO₂ на тонну продукции жидкой стали. Выбросы CO₂ варьируются в интервале 205-240 кг CO₂ на тонну жидкой стали. Переводные коэффициенты представлены в таблице 4.1 документа IPPC I&S BAT и равны 940 кг доменного чугуна на тонну жидкой стали и 1160 кг агломерата на тонну доменного чугуна. На

основании этих переводных коэффициентов средний показатель выбросов CO₂ для 4 европейских заводов агломерата равен 0,2 кг CO₂ на тонну продукции агломерата.

| ТАБЛИЦА 4.1 КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОКСА, ЧУГУНА И СТАЛИ – УРОВЕНЬ 1 | | |
|---|-----------------------------|--|
| Процесс | Коэффициент выбросов | Источник |
| Производство агломерата (тонны CO ₂ на тонну продукции агломерата) | 0,20 | Производство агломерата: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, European IPPC Bureau, декабрь 2001 года, таблица 4.1, стр. 29. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm |
| Коксовая печь (тонны CO ₂ на тонну продукции кокса) | 0,56 | Производство кокса: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, European IPPC Bureau, декабрь 2001 года, таблица 6.2, стр. 122. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm |
| Производство чугуна (тонны CO ₂ на тонну продукции доменного чугуна) | 1,35 | Производство чугуна: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, European IPPC Bureau, декабрь 2001 года, таблицы 7.2 и 7.3. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm |
| Производство железа прямого восстановления (тонны CO ₂ на тонну продукции ЖПВ) | 0,70 | Производство железа прямого восстановления: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, European IPPC Bureau, декабрь 2001 года, таблица 10.1, стр. 322 и таблица 10.4, стр. 331. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm |
| Производство окатышей (тонны CO ₂ на тонну продукции окатышей) | 0,03 | Производство окатышей: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, European IPPC Bureau, декабрь 2001 года, таблица 5.1, стр. 95. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm |
| Способ производства стали | | |
| Кислородный конвертер (тонны CO ₂ на тонну продукции стали) | 1.46 | Производство стали: согласованная оценка экспертов и IISI Environmental Performance Indicators STEEL (International Iron and Steel Institute, 2004) |
| Электродуговая печь (ЭДП) (тонны CO ₂ на тонну продукции стали) ** | 0.08 | Производство стали: согласованная оценка экспертов и IISI Environmental Performance Indicators STEEL (International Iron and Steel Institute, 2004) |
| Открытая подовая печь (ОПП) (тонны CO ₂ на тонну продукции стали) | 1.72 | Производство стали: согласованная оценка экспертов и IISI Environmental Performance Indicators STEEL (International Iron and Steel Institute, 2004) |
| Мировой средний коэффициент (65% кислородные конвертеры, 30% ЭДП, 5% ОПП)* (тонны CO ₂ на тонну продукции стали) | 1.06 | Производство стали: согласованная оценка экспертов и IISI Environmental Performance Indicators STEEL (International Iron and Steel Institute, 2004) |
| * 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 для выплавки стали в ЭДП не включает выбросы от производства чугуна. Коэффициенты выбросов для выплавки стали в кислородных конвертерах и ОПП, напротив, учитывают выбросы от производства чугуна. Обратите внимание, что коэффициент выбросов CO ₂ для ЭДП в этой таблице основан на производстве стали из скрапа и следовательно коэффициент выбросов для ЭДП не учитывает выбросы CO ₂ от производства доменного чугуна. Следовательно, коэффициент выбросов уровня 1 для ЭДП из этой таблицы не применим для ЭДП, которые используют доменный чугун в качестве сырья. | | |

Коэффициент выбросов CO₂ для производства доменного чугуна был выведен как среднеарифметическое заводских выбросов CO₂ для европейских заводов агломерата, данные о которых представлены в документе IPPC I&S BAT. Содержание CO₂ и CO в доменном газе, который образуется при производстве чугуна, показано в таблицах 7.2 и 7.3 документа IPPC I&S BAT в килограммах CO₂ на тонну продукции доменного чугуна и в килограммах CO на тонну продукции доменного чугуна. Количество CO₂ меняется от 400 до 900 кг CO₂ на тонну продукции доменного чугуна, а количество CO – от 300 до 700 кг CO на тонну продукции доменного чугуна. Если принять допущение о том, что весь доменный газ был сожжён (до CO₂) с целью получения энергии в рамках интегрированного предприятия

по производству чугуна и стали и что доменный газ не был перемещен за пределы предприятия, то коэффициент выбросов будет равен 1,35 кг CO₂ на тонну продукции доменного чугуна.

Коэффициент выбросов для производства окатышей основан на документе IPPC I&S BAT, в котором коэффициент выбросов дан в интервале от 15,6 до 31,8 кг CO₂ на тонну продукта. Однако коэффициент выбросов CO₂ для конкретного процесса будет зависеть от характеристик топлива и сырьевых материалов, используемых в процессе. Коэффициент выбросов будет меняться в зависимости от того, какое первичное топливо было использовано – уголь, природный газ или газ из камерных печей. Коэффициент выбросов по умолчанию отражает верхнюю границу интервала - 30 кг CO₂ на тонну продукта; он применяется в тех случаях, когда ничего не известно об используемых видах топлива и сырья. Если известны типы расходующихся материалов, то выбросы CO₂ 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 восстановления (ЖПВ) по всему миру работает на природном газе, из них 63% мощности приходится на процесс MIDREX. Потребление топлива для производства железа прямого восстановления по способу MIDREX обычно равно 10,5 - 14,5 ГДж природного газа/метрическую тонну твёрдого ЖПВ при условии использования 100% кусковой железной руды. Потребление топлива для производства железа горячего брикетирования из железа мелкой фракции составляет 12,5 ГДж природного газа на тонну продукта для способа FINMET и 14 ГДж природного газа на тонну продукта для способа CIRCORED. Потребление энергии по умолчанию 12,5 ГДж природного газа на тонну продукции ЖПВ и углеродное содержание природного газа по умолчанию 15,3 кг углерода на ГДж природного газа соответствует коэффициенту выбросов CO₂ 191,3 кг углерода на тонну ЖПВ (0,7 тонн CO₂ на тонну продукции ЖПВ).

Коэффициенты выбросов метана

Коэффициенты выбросов CH₄ по умолчанию представлены в таблице 4.2 далее. Коэффициент выбросов CH₄ уровня 1 для производства кокса был выведен как среднеарифметическое заводских выбросов CH₄ для 11 европейских коксовых заводов, данные о которых имеются в документе IPPC I&S BAT. Выбросы CH₄ представлены в таблице 6.2 и 6.3 документа IPPC I&S BAT в граммах CH₄ на тонну продукции жидкой стали. Выбросы CH₄ меняются в интервале 27-32 грамма CH₄ на тонну жидкой стали. С применением переводных коэффициентов средний показатель выбросов CH₄ для 11 европейских заводов равен 0,1 грамма CH₄ на тонну продукции кокса.

| Процесс | Коэффициент выбросов | Источник |
|-------------------------|---|--|
| Производство кокса | 0,1 г на тонну продукции кокса | Производство кокса: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, European IPPC Bureau, декабрь 2001года, таблица 6.2-3, стр. 122. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm |
| Производство агломерата | 0,07 кг на тонну продукции агломерата | ЕМЕР/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA, 2005). Процессы с контактом: <i>заводы агломерата и окатышей (за исключением сжигания 030301)</i> Таблица 8.2а (Коэффициенты выбросов для газообразных веществ) |
| Производство ЖПВ | 1 кг/ГДж (на основании низшей теплотворной способности) | Коэффициент выбросов по умолчанию для выбросов CH ₄ от сжигания природного газа [см. таблицу 2.3 главы 2 тома 2] |

Коэффициент выбросов CH₄ уровня 1 для производства агломерата был выведен как среднеарифметическое заводских выбросов CH₄ для 11 европейских заводов агломерата, данные о которых представлены в ЕМЕР/CORINAIR Emissions Inventory Guidebook (EEA, 2005) и других отчётах об инвентаризации выбросов. В таблице 8.2а документа ЕМЕР/CORINAIR Emissions Inventory Guidebook (EEA, 2005) представлены выбросы CH₄ для заводов агломерата и окатышей. Для заводов агломерата, работающих на коксовой мелочи, коэффициент выбросов равен 50 мг CH₄ на МДж, а потребление кокса – от 38 до 55 кг кокса на тонну агломерата. Это соответствует среднему коэффициенту выбросов 0,07 кг CH₄ на тонну агломерата при значении по умолчанию 28,2 ГДж/ГДж кокса. Для заводов Финляндии характерен коэффициент выбросов 0,05 кг CH₄/тонну агломерата (Pipatti, 2001).

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 1.2 и 1.3 в главе 1 тома 2.

| ТАБЛИЦА 4.3 | |
|---|------------------------------|
| УГЛЕРОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОКСА, ЧУГУНА И СТАЛИ (кг С/кг)– УРОВЕНЬ 2 | |
| Технологические материалы | Углеродное содержание |
| 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 |
| Доломит | 0,13 |
| Углеродные электроды ЭДП ² | 0,82 |
| Углерод шихты ЭДП ³ | 0,83 |
| Топливное масло ⁴ | 0,86 |
| Газовый кокс | 0,83 |
| Железо горячего брикетирования | 0,02 |
| Известняк | 0,12 |
| Природный газ | 0,73 |
| Газ кислородных сталеплавильных печей | 0,35 |
| Нефтяной кокс | 0,87 |
| Купленный доменный чугун | 0,04 |
| Железный лом | 0,04 |
| Сталь | 0,01 |

Источник: значения по умолчанию согласуются со значениями по умолчанию, представленными в томе 2, 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 тома 2.

Примечания:

¹ Для другого битуминозного угля

² При условии, что 80 % составляет нефтяной кокс и 20 % - каменноугольный деготь.

³ Для кокса коксовой печи

⁴ Для газового/дизельного топлива

* Количество выбросов CO₂ 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 тома 1).

МЕТОДЫ УРОВНЯ 3

Метод уровня 3 основан на суммировании заводских оценок выбросов или на применении уравнений уровня 2 к данным отдельных заводов. Составители кадастра должны убедиться в том, что каждое предприятие задокументировало коэффициенты выбросов и значения углеродного содержания и что эти

коэффициенты выбросов характерны для процессов и материалов, используемых на предприятии. Для метода уровня 3 необходимы данные об углеродном содержании и массовых расходах продукции/потребления для всех технологических материалов, а также о транспортировке с места производства. В таблице 4.3 представлены значения углеродного содержания по умолчанию; в рамках *эффективной практики* для уровня 3 эти значения следует скорректировать таким образом, чтобы они отражали значения по умолчанию на уровне завода (которые могут отличаться от значений по умолчанию из таблицы). Коэффициенты по умолчанию из таблицы 4.3 применимы для метода уровня 3 лишь в том случае, если заводская информация указывает на то, что они соответствуют фактическим коэффициентам. Предполагается, что заводские данные для уровня 3 будут включать данные об углеродном содержании и о массовом расходе продукции/потребления и что значения по умолчанию из таблицы 4.3 не будут применяться в методе уровня 3 в большинстве случаев.

4.2.2.4 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

МЕТОД УРОВНЯ 1

Для метода уровня 1 необходимо знать только количество стали, выплавляемой в стране по каждому способу, общее количество продукции доменного чугуна, который не будет перерабатываться в сталь, и 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 из государственных учреждений, ответственных за промышленную статистику, торгово-промышленных ассоциаций или металлургических компаний. Если известны только суммарные национальные данные, то используют взвешенный коэффициент. 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 национальные объемы производства чугуна, стали, газа из камерных печей, доменного газа и технологических материалов (таких как известняк, применяемый для производства чугуна и стали), железа прямого восстановления и агломерата, а также объемы производства кокса на месте и на стороннем предприятии. Эти данные можно получить из государственных учреждений, 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 суммировать для определения общих выбросов CO_2 от этого сектора. При этом рекомендуется собирать данные о деятельности на уровне завода (уровень 3). Если это не *ключевая категория* и общепромышленные данные о восстановителях и технологических материалах не известны, то выбросы можно рассчитать по методу уровня 1.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Для метода уровня 3 необходимо собрать, скомпилировать и суммировать заводские данные об измерениях выбросов или о массе произведенных/потребленных материалов для конкретного предприятия и данные об углеродном содержании. Метод уровня 3 может быть основан на заводском массовом балансе (для выбросов CO_2) или на данных прямого мониторинга заводских выбросов (для CO_2 и CH_4). В методе уровня 3 можно также использовать данные о деятельности на уровне завода и данные о деятельности, сгруппированные по секторам. Рекомендуется собирать заводские данные от компаний по производству кокса, чугуна и стали. Этим способом можно с большей точностью определить количества обрабатываемых материалов. Такие данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную и энергетическую статистику или в торгово-промышленных ассоциациях. Затем соответствующие количества умножают на данные об удельном содержании углерода для этого предприятия, затем суммируют для получения общих выбросов CO_2 от этих секторов; общие выбросы будут определены таким способом с более высокой точностью по сравнению с методом уровня 2. Этот метод обеспечивает повышенную точность ещё и потому, что отдельные компании дают более точные заводские данные и/или используют более правильные значения углеродного содержания, которые могут отличаться от коэффициентов по умолчанию, применяемых по методу уровня 2.

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 предприятии по производству чугуна и стали, в результате чего образовались выбросы CO_2 и CH_4 , относят к энергетическим выбросам и учитывают в этой категории. Отслеживание таких углеродных потоков требует хорошего знания принципов инвентаризации в этой категории источников.

Поскольку кокс играет доминантную роль, 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 этого тома (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, поступающим 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 и CH_4 от этих дополнительных углеродсодержащих материалов следует рассматривать и учитывать как выбросы от промышленных процессов, поскольку их углеродное содержание, по-видимому, не было учтено 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 ОПП уже не является преобладающей технологией, в некоторых странах необходимо учитывать выбросы CO_2 и CH_4 от ОПП. Открытую подовую 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. Углеродом в составе чугуна можно пренебречь, как и в случае кислородных конвертеров, поскольку он уже учтен как источник углерода при производстве чугуна. Однако углерод топлива, используемого в открытой подовой печи, должен быть учтён как выбросы ППИП.

4.2.2.6 ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Выбросы от производства кокса, агломерата, чугуна и стали рассчитывают с использованием одного и того же метода для каждого года временного ряда. Если нет данных для более высокого уровня за какие-либо годы временного ряда, то эти пропуски следует заполнить в соответствии с руководством в главе 5 тома 1 (Согласованность временного ряда).

4.2.3 Оценка неопределённостей

Коэффициенты выбросов по умолчанию для производства кокса, чугуна и стали, используемые при расчётах уровня 1, имеют неопределённость $\pm 25\%$. Считается, что значения углеродного содержания материалов для уровня 2 имеют неопределённость 10%. Предполагается, что неопределённость коэффициентов выбросов уровня 3 находится в пределах 5% в том случае, если известны заводские данные об углеродном содержании и массовом расходе. 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 национальных статистик будут иметь неопределённость $\pm 10\%$. Для уровня 2 неопределённость для общего количества восстановителя и технологического материала для производства чугуна и стали, по-видимому, будет в пределах 10%. Для уровня 3 необходимо знать заводские данные о количестве восстановителя и технологических материалов (неопределённость около 5%). Считается, что данные о фактических выбросах для уровня 3 также имеют неопределённость $\pm 5\%$. Неопределённость уровня 3 может быть установлена более точно на основании анализа фактических данных.

ТАБЛИЦА 4.4
ДИАПАЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

| Метод | Источник данных | Диапазон неопределённости |
|-----------|--|-------------------------------------|
| Уровень 1 | Коэффициенты выбросов по умолчанию Национальные данные о производстве | $\pm 25\%$ $\pm 10\%$ |
| Уровень 2 | Углеродное содержание по умолчанию для конкретного материала Национальные данные о восстановителях и технологических материалах | $\pm 10\%$ $\pm 10\%$ |
| Уровень 3 | Данные, о технологических материалах, полученные от компаний Данные измерений CO ₂ и CH ₄ от конкретных компаний Коэффициенты выбросов для конкретных компаний | $\pm 5\%$ $\pm 5\%$ $\pm 5\%$ |

4.2.4 Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация

4.2.4.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

В *эффективной практике* контроль качества проводят на основании требований, изложенных в главе 6 тома 1, и мнения экспертов о полученных оценках выбросов. Дополнительный контроль качества согласно описанию в главе 6 тома 1 и процедуры по обеспечению качества также могут быть применены, особенно если для определения выбросов в этой категории источников используются методы более высокого уровня. Для *ключевых категорий* рекомендуется использовать более высокий уровень ОК/КК, согласно определению в главе 4 тома 1. В дополнение к руководству в томе 1 далее будут рассмотрены методики, относящиеся к данной категории источников.

Сравнение коэффициентов выбросов и углеродного содержания

Составители кадастра должны сравнить национальные коэффициенты выбросов и значения углеродного содержания с коэффициентами по умолчанию МГЭИК, чтобы выяснить, какой коэффициент применять - национальный коэффициент или коэффициент по умолчанию МГЭИК. Разницу между национальными коэффициентами по умолчанию следует объяснить и задокументировать, особенно если она отражает различные условия.

Проверка данных о деятельности на уровне предприятий

Для получения данных о деятельности на уровне предприятий необходимо проанализировать несогласованность между предприятиями, чтобы установить, причину их возникновения – ошибки, различные способы измерения или результат действительных различий в выбросах, рабочих условиях или технологии.

Необходимо убедиться в том, что коэффициенты выбросов и данные о деятельности были выведены в соответствии с международно-признанными и принятыми методами измерения. Если используемые методы измерения не соответствуют этому требованию, то возможность использования таких данных о выбросах и деятельности должна быть тщательно продумана, кроме того, следует пересмотреть оценки неопределённости и дать заключение. Если применялись высокие стандарты измерения и ОК/КК проводился на большинстве предприятий, тогда неопределённость оценок выбросов можно пересмотреть в сторону понижения.

Мнение экспертов

Составителям кадастра рекомендуется добиваться участия в экспертном процессе ключевых промышленных и торговых организаций, связанных с производством чугуна и стали. Экспертный процесс должен начинаться на ранней стадии составления кадастра, чтобы эксперты могли внести свой вклад в разработку и экспертизу методов и сбора данных.

Мнение третьей стороны может быть также полезно для этой категории источников, особенно в связи со сбором исходных данных, проведением измерений, переводом данных, расчетами и документацией.

Проверка данных о деятельности

Для всех уровней оценки составители кадастра должны сверяться с главой 2 тома 2 (Стационарное сжигание топлива) сектора «Энергетика», чтобы гарантировать, что выбросы от восстановителей и технологических материалов (уголь, кокс, природный газ и т.д.) не были учтены дважды или упущены.

Необходимо проанализировать несогласованность данных от различных заводов, чтобы установить, причину их возникновения – ошибки, различные способы измерения или результат действительных различий в выбросах, рабочих условиях или технологии. В частности, это относится к заводским оценкам количества восстановителя и к данным об углеродном содержании технологических материалов.

Составители кадастра должны сравнить сумму заводские оценок потребления материалов с общей оценкой по потреблению материалов для всей отрасли, если такие торговые данные известны.

4.2.4.2 Отчетность и документация

Эффективная практика предусматривает документирование и архивирование всей информации необходимой для проведения кадастровых оценок национальных выбросов в соответствии с инструкцией в разделе 6.11 тома 1. Нецелесообразно включать всю документацию в национальный кадастровый отчет. При этом кадастр должен включать резюме используемых методов и ссылки на источники данных в таком виде, чтобы оценки выбросов были прозрачными и можно было воспроизвести все расчеты.

МЕТОД УРОВНЯ 1

В *эффективной практике*, помимо оценки выбросов, в отчет включают данные об общем производстве стали по конкретным способам и соответствующие коэффициенты выбросов, а также указывают количество продукции чугуна, который не перерабатывают в сталь. В соответствующей таблице необходимо отметить, что указанные выбросы составляют лишь часть суммарных выбросов от этого сектора и что выбросы от производства кокса относятся к категории «Энергетика» и учтены в томе 2, главе 2 (Стационарное сжигание топлива) сектора «Энергетика».

МЕТОДЫ УРОВНЯ 2

По правилам *эффективной практики* следует задокументировать оцененные или рассчитанные выбросы, все данные о деятельности и соответствующие коэффициенты выбросов, а также все принятые допущения или поправочные коэффициенты. Следует дать ясное объяснение взаимосвязи с категорией источников 1А (Сжигание топлива) для выбросов от интегрированного производства кокса, чтобы продемонстрировать отсутствие двойного учёта либо пропусков.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Эффективная практика предусматривает документирование рассчитанных выбросов и всех источников данных с учётом защиты конфиденциальности данных для отдельных предприятий, если это имеет значение для бизнеса и прав собственности. Кроме того, для всех уровней составители кадастра должны задокументировать всю информацию, необходимую для воспроизводства расчётов, а также процедуры ОК/КК.

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 сплавы. 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

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ CO_2

Руководящие принципы МГЭИК включают 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 условий, см. схему принятия решений на рисунке 4.9. В методе уровня 1 выбросы рассчитывают путем умножения общих коэффициентов выбросов на общее национальное производство 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 общепромышленные данные 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 CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ – УРОВЕНЬ 1

$$E_{CO_2} = \sum_i (MP_i \cdot EF_i)$$

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂, тонны

MP_i = производство ферросплава типа i , тонны

EF_i = коэффициент выбросов для ферросплава типа i , тонны CO₂/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 продуктов используют углеродное содержание.

Блок 4.1

ОБЪЯСНЕНИЕ ДЛЯ СЛОВ/СИМВОЛОВ, ИСПОЛЗУЕМЫХ В УРАВНЕНИЯХ ЭТОГО РАЗДЕЛА

Содержание означает весовую долю во всех уравнениях

Σ означает сумму всех i, h, j, k или l

УРАВНЕНИЕ 4.16 ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ – УРОВЕНЬ 2

$$E_{CO_2} = \sum_i (M_{восст.,i} \cdot EF_{восст.,i}) + \sum_h (M_{руда,h} \cdot CСодержание_{руда,h}) \cdot \frac{44}{12} \\ + \sum_j (M_{шлакообр.,j} \cdot CСодержание_{шлакообр.,j}) \cdot \frac{44}{12} \\ - \sum_k (M_{продукт,k} \cdot CСодержание_{продукт,k}) \cdot \frac{44}{12} \\ - \sum_l (M_{исходящий\ непродукт.\ поток,l} \cdot CСодержание_{исходящий\ непродукт.\ поток,l}) \cdot \frac{44}{12}$$

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от производства ферросплавов, тонны

$M_{восст.,i}$ = масса восстановителя i , тонны

$EF_{восст.,i}$ = коэффициент выбросов для восстановителя i , тонны CO₂/тонну восстановителя

$M_{руда,h}$ = масса руды h , тонны

$CСодержание_{руда,h}$ = углеродное содержание руды h , тонны C/тонну руды

$M_{шлакообр.,j}$ = масса шлакообразующего материала j , тонны

$CСодержание_{шлакообр.,j}$ = углеродное содержание шлакообразующего материала j , тонны C/тонну материала

$M_{\text{продукт, } k}$ = масса продукта k , тонны

$CC_{\text{содержание}_{\text{продукт, } k}}$ = углеродное содержание продукта k , тонны C/тонну продукта

$M_{\text{исходящий непродукт. поток, } l}$ = масса непродуктового исходящего потока l , тонны

$CC_{\text{содержание}_{\text{исходящий непродукт. поток, } l}}$ = углеродное содержание непродуктового исходящего потока l , тонны C/тонну. Константа 44/12 – коэффициент умножения для получения массы CO_2 , выделившегося из каждой массовой единицы суммарного потребления углерода.

Метод уровня 3: расчёт, основанный на количестве и составе восстановителя

Производители используют уголь и кокс с различным содержанием золы, связанного углерода и летучих веществ. Кроме того, количество углерода в карбонатных рудах и шлакообразующих материалах меняется. Поэтому самый точный расчёт выбросов CO_2 основан на общем количестве углерода, содержащегося в восстановителях, электродной массе, рудах, шлакообразующих материалах и продуктах; и такой расчёт проводится для каждого типа ферросплава.

УРАВНЕНИЕ 4.17
ВЫБРОСЫ CO_2 ОТ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ – УРОВЕНЬ 3

$$E_{CO_2} = \sum_i (M_{\text{восст., } i} \cdot CC_{\text{содержание}_{\text{восст., } i}}) \cdot \frac{44}{12} + \sum_h (M_{\text{руда, } h} \cdot CC_{\text{содержание}_{\text{руда, } h}}) \cdot \frac{44}{12} + \sum_j (M_{\text{шлакообр., } j} \cdot CC_{\text{содержание}_{\text{шлакообр., } j}}) \cdot \frac{44}{12} - \sum_k (M_{\text{продукт, } k} \cdot CC_{\text{содержание}_{\text{продукт, } k}}) \cdot \frac{44}{12} - \sum_l (M_{\text{исходящий непродукт. поток, } l} \cdot CC_{\text{содержание}_{\text{исходящий непродукт. поток, } l}}) \cdot \frac{44}{12}$$

Где

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от производства ферросплавов, тонны

$M_{\text{восст., } i}$ = масса восстановителя i , тонны

$CC_{\text{содержание}_{\text{восст., } i}}$ = углеродное содержание восстановителя i , тонны C/тонну восстановителя

$M_{\text{руда, } h}$ = масса руды h , тонны

$CC_{\text{содержание}_{\text{руда, } h}}$ = углеродное содержание руды h , тонны C/тонну руды

$M_{\text{шлакообр., } j}$ = масса шлакообразующего материала j , тонны

$CC_{\text{содержание}_{\text{шлакообр., } j}}$ = углеродное содержание шлакообразующего материала j , тонны C/тонну материала

$M_{\text{продукт, } k}$ = масса продукта k , тонны

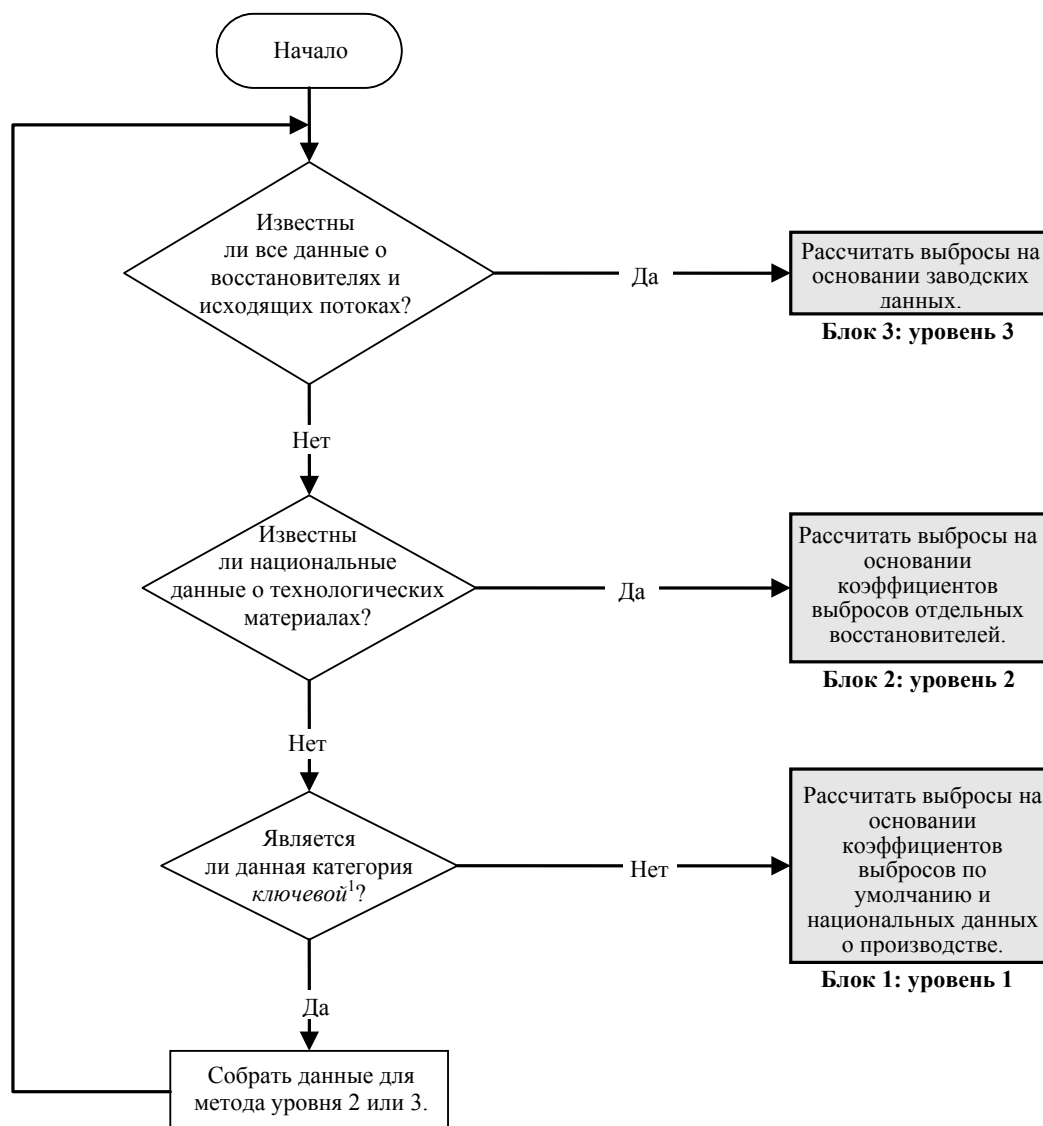
$CC_{\text{содержание}_{\text{продукт, } k}}$ = углеродное содержание продукта k , тонны C/тонну продукта

$M_{\text{исходящий непродукт. поток, } l}$ = масса непродуктового исходящего потока l , тонны

$CC_{\text{содержание}_{\text{исходящий непродукт. поток, } l}}$ = углеродное содержание непродуктового исходящего потока l , тонны C/тонну

Константа 44/12 – коэффициент умножения для получения массы CO_2 , выделившегося от каждой единицы массы общего израсходованного углерода. Расчет даёт хорошую точность, если известен анализ общего углерода для всех восстановителей.

Рисунок 4.9 Схема принятия решений по оценке выбросов CO₂ от производства ферросплавов



Примечания:

1. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CH₄ И ОБСУЖДЕНИЕ ВЫБРОСОВ N₂O

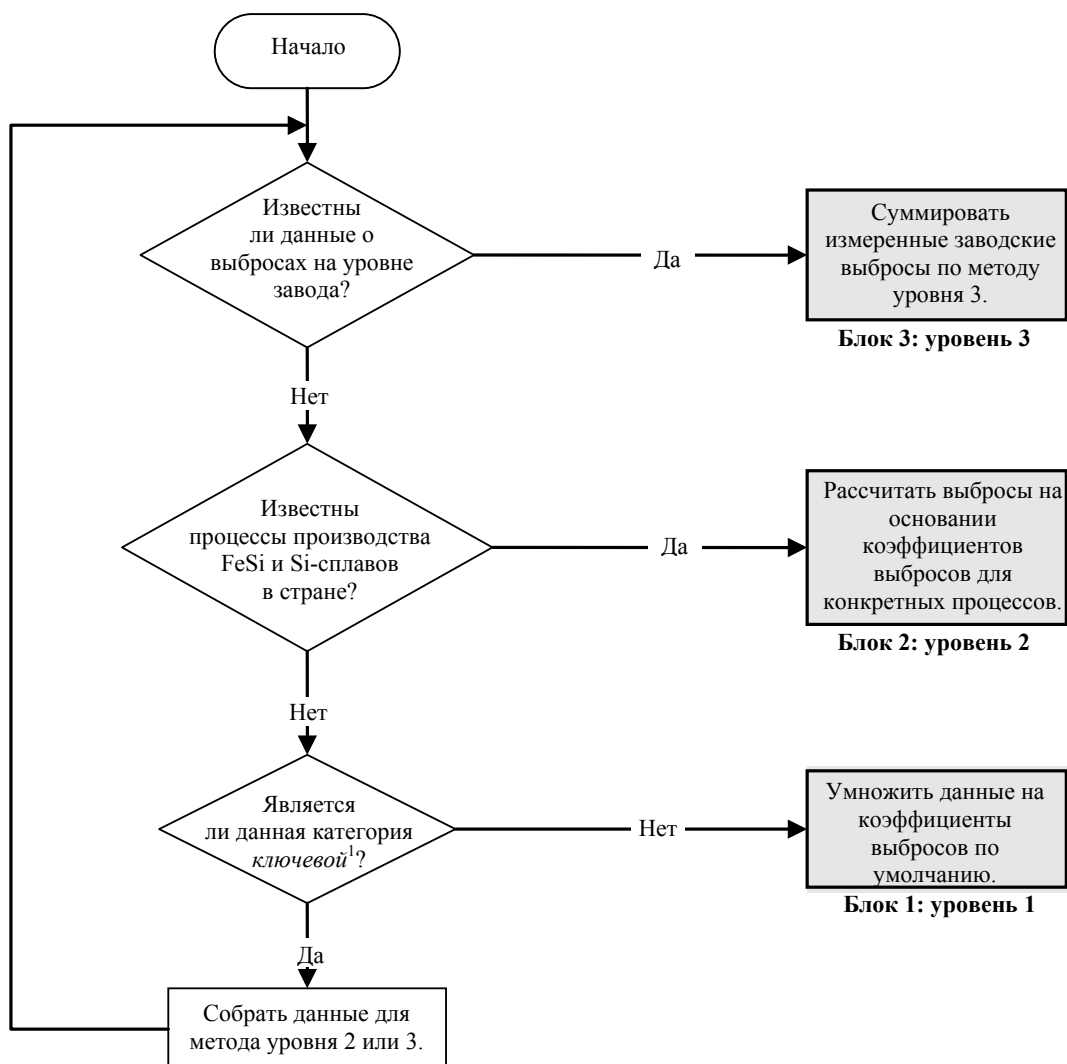
Нагревание углеродных материалов в печи сопровождается выделением летучих веществ, в том числе метана. В открытых или полужакрытых печах (преимущественно используемых для производства FeSi и кремниевых ферросплавов) самая большая часть летучих веществ сгорает до CO₂ над шихтой, в вытяжном колпаке и каналах отходящего газа, но остаётся также непрореагировавшая часть веществ, таких как CH₄ и ЛНОС. Количество этих веществ зависит от работы печи. Непрерывная загрузка материалов снижает количество CH₄ по сравнению с загрузкой партиями. Повышение температуры в вытяжном колпаке (уменьшение подсоса воздуха через неплотные соединения) ещё более снижает уровень CH₄.

Руководящие принципы МГЭИК рассматривают несколько методов расчёта выбросов CH₄ от производства FeSi- и Si-ферросплавов. Выбор метода в *эффективной практике* зависит от национальных условий, см. схему принятия решений на рисунке 4.10. В методе уровня 1 выбросы рассчитывают исходя из общих коэффициентов выбросов и общего национального 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. В методе уровня 3 используются данные о выбросах на уровне завода.

Ошибки, связанные с оценкой или измерением выбросов N_2O от промышленности ферросплавов, очень велики и поэтому не существует методики оценки выбросов N_2O .

Рисунок 4.10 Схема принятия решений по оценке выбросов CH_4 от производства FeSi и кремниевых сплавов



Примечания:

1. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).

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 4.18
ВЫБРОСЫ CH₄ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ – УРОВЕНЬ 1

$$E_{CH_4} = \sum_i (MP_i \cdot EF_i)$$

Где

E_{CH_4} = выбросы CH₄, кг

MP_i = производство кремниевого сплава i , тонны

EF_i = коэффициент выбросов для кремниевого сплава i , тонны CH₄/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: прямые измерения

Составителям кадастра настоятельно рекомендуется пользоваться измерениями выбросов CH₄, если выбросы от производства ферросплавов относятся к *ключевой категории*.

4.3.2.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂

Метод уровня 1: расчет, основанный на количестве продукции и коэффициентах выбросов

Если известны только данные национальной 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.

ТАБЛИЦА 4.5
КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАЗЛИЧНЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ (тонны CO₂ 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: МГЭИК (1997), МГЭИК (2000), Olsen (2004) и Lindstad (2004) | |

Эти коэффициенты выбросов по умолчанию вывел Olsen (2004) для марганцевых сплавов, Lindstad (2004) для кремниевых сплавов и Olsen, Monsen и Lindstad (1998) для FeCr.

Для FeMn сплавов коэффициенты выбросов основаны на производстве, при этом марганецсодержащие сырьевые материалы представляли собой смесь оксидных руд, карбонатных руд и импортрованного марганцевого агломерата. Если агломерат производится за границей, то он не даёт никакого вклада в национальный кадастр парниковых газов. Выбросы от производства агломерата следует учитывать по месту его производства.

Коэффициент для FeSi90 и кремниевых сплавов основан на потреблении фиксированного C, который составляет 110% от стехиометрического количества необходимого для восстановления SiO₂. Для остальных FeSi-сплавов коэффициент основан на 114% от стехиометрического количества фиксированного C.

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. Коэффициенты для производства марганцевых сплавов вывел Olsen (2004) и для кремниевых сплавов – Lindstad (2004).

| ТАБЛИЦА 4.6 КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO ₂ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ (тонны CO ₂ /тону восстановителя) | |
|---|----------------------|
| Восстановитель (применение) | Коэффициент выбросов |
| Уголь (для FeSi и кремниевых сплавов) | 3.1 |
| Уголь (для других ферросплавов) | *(см. ниже) |
| Кокс (для FeMn и SiMn) | 3.2-3.3 |
| Кокс (для Si и FeSi) | 3.3-3.4 |
| Кокс (для других ферросплавов) | *(см. ниже) |
| Термически обработанные электроды | 3.54 |
| Электродная масса | 3.4 |
| Нефтяной кокс | 3.5 |
| * Составителям кадастра рекомендуется использовать значения специфические для конкретного производителя, основанные на среднем значении для смеси угля и/или кокса для конкретного производителя ферросплавов. Источник: Olsen (2004), Lindstad (2004) | |

Метод уровня 3: расчёт, основанный на количестве и составе восстановителя

Для метода уровня 3 необходимо определить углеродное содержание восстановителей, используемых в процессе производства. Однако большинство производителей ферросплавов анализируют лишь зольность и процент летучих веществ и делают расчёт:

$$\% \text{ фикс. углерода} = 100\% - \% \text{ золы} - \% \text{ летучих веществ.}$$

В этом случае общее содержание углерода в восстановителях рассчитывают по следующему уравнению.

| |
|--|
| <p>УРАВНЕНИЕ 4.19</p> <p>УГЛЕРОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСПЛАВОВ</p> $C_{\text{содержание}_{\text{восст.},i}} = F_{\text{фикс.},i} + F_{\text{летучие},i} \cdot C_v$ |
|--|

Где

$C_{\text{содержание}_{\text{восст.},i}}$ = углеродное содержание восстановителя i , тонны C/тону восстановителя

$F_{\text{фикс.},i}$ = массовая фракция фиксированного C в восстановителе i , тонны C/тону восстановителя

$F_{\text{летучие},i}$ = массовая фракция летучих веществ в восстановителе i , тонны летучих веществ/тону восстановителя

C_v = углеродное содержание летучих веществ, тонны C/тонну летучих веществ
(в отсутствие другой информации применяют $C_v = 0,65$ для угля и $0,80$ для кокса.)

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ CH_4

Метод уровня 1: расчет, основанный на количестве продукции FeSi и кремниевых сплавов и коэффициентах выбросов

Если известны только данные национальной статистики о производстве ферросплавов, то в *эффективной практике* используют коэффициенты по умолчанию. Однако, вследствие сильного отличия коэффициентов в зависимости от производства ферросплавов, необходимо определить тоннаж производства по каждому способу и суммировать результат умножения коэффициентов из таблицы 4.7 на соответствующий тоннаж. Коэффициенты выбросов для CH_4 по умолчанию равны среднему арифметическому небольшого числа измерений по каждому из способов производства (см. таблицу 4.7 для уровня 2), полученных SINTEF и DNV в основном в 1995 и 1998 годах (FFF (2000)).

| Выбросы | Сплав | Коэффициент выбросов |
|---------|-----------|----------------------|
| CH_4 | Si-металл | 1,2 |
| | FeSi 90 | 1,1 |
| | FeSi 75 | 1,0 |
| | FeSi 65 | 1,0 |

Источник: FFF (2000)

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 4.18, с использованием значений из таблицы 4.8.

| 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 термомпара не может «видеть» сжигание в колпаке печи.

Метод уровня 3: прямые измерения

В уровне 3 используются измерения, а не коэффициенты выбросов. Составители кадастра должны изучить руководство об измерениях на уровне завода в главе 2 тома 1 и о мерах ОК/КК в главе 6 тома 1.

4.3.2.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

МЕТОД УРОВНЯ 1

Для метода уровня 1 требуется знать только об объемах производства отдельных типов ферросплавов в стране. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, 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 CO₂ от этого сектора и из таблицы 4.7 для оценки выбросов CH₄ от этого сектора.

МЕТОД УРОВНЯ 2

Для метода уровня 2 необходимо знать общее количество восстановителя и других материалов, используемых для производства ферросплавов в стране, а также типы процессов. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную статистику, 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 CO₂ и CH₄ от этого сектора. Однако предпочтительнее собирать данные на уровне завода.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Для метода уровня 3 необходимо собрать, скомпилировать и суммировать данные о выбросах на уровне завода. Эти данные можно получить прямо от компаний.

4.3.2.4 Полнота

При расчёте выбросов CO₂ 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. Все отклонения в цифрах выбросов от промышленных процессов следует отразить в кадастре в ясной форме и сделать проверку на двойной учёт/полноту.

4.3.2.5 ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Расчёт выбросов от производства ферросплавов следует проводить с использованием одного и того же метода для каждого года временного ряда. Если нет данных для уровня 3 за какие-либо годы временного ряда, то эти пропуски следует заполнить в соответствии с руководством в главе 5 тома 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. Известно, что для производства некоторых ферросплавов в качестве источника углерода может использоваться древесина или другая биомасса, однако мы не располагаем информацией о практическом применении таких процессов. 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 CO₂ на единицу продукции ферросплава по сравнению с использованием нефтяного кокса.

4.3.3.1 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Считается, что для уровня 3 данные о фактических выбросах имеют неопределённость менее 5%. Для уровня 2 считается, что коэффициенты выбросов для отдельных видов материалов будут меняться в пределах 10%, что в целом даёт более низкую неопределённость, чем для уровня 1. Предполагается, что коэффициенты выбросов будут меняться в пределах 10% или менее 5%, если заводские данные об углеродном содержании не известны. Неопределённость коэффициентов выбросов по умолчанию, используемых в уровне 1, составляет от 25 до 50%.

4.3.3.2 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для уровня 1 самые важными данными о деятельности являются данные о производстве по типам ферросплавов. Национальные статистики должны быть известны; неопределённость данных национальных статистик, вероятно, составляет менее 5%. Уровень 2 в применении к информации на уровне завода о количествах восстановителя и технологических материалах даёт неопределённость не более 5%.

| ТАБЛИЦА 4.9 ДИАПАЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ | | |
|---|---|-------------------------------|
| Метод | Источник данных | Диапазон неопределённости |
| Уровень 1 | Данные о национальном производстве Коэффициенты выбросов по умолчанию | < 5% < 25 % |
| Уровень 2 | Данные о восстановителях и технологических материалах от компаний Национальные данные о восстановителях и технологических материалах Заводские коэффициенты выбросов Коэффициенты выбросов по умолчанию для отдельных материалов | < 5% < 5% < 5% < 10% |
| Уровень 3 | Заводские измерения CO ₂ | < 5% |

4.3.4 Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация

4.3.4.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

В *эффективной практике* контроль качества проводят на основании требований, изложенных в главе 6 тома 1, и мнения экспертов о полученных оценках выбросов. Дополнительный контроль качества согласно описанию в главе 6 тома 1 и процедуры по обеспечению качества также могут быть применены, особенно если для определения выбросов в этой категории источников используются методы более высокого уровня. Для *ключевых категорий* рекомендуется использовать более высокий уровень ОК/КК, согласно определению в главе 4 тома 1.

В дополнение к руководству в томе 1 далее будут рассмотрены методики, относящиеся к этой категории источников.

Сравнение коэффициентов выбросов

Составители кадастра должны сравнить национальные коэффициенты выбросов с коэффициентами по умолчанию МГЭИК, чтобы выяснить, какой коэффициент применять - национальный коэффициент или коэффициент по умолчанию МГЭИК. Разницу между национальным коэффициентом и коэффициентом по умолчанию следует объяснить и задокументировать, особенно если она отражает различные условия.

Проверка данных о деятельности на уровне предприятий

Для получения данных о деятельности на уровне предприятий необходимо проанализировать несогласованность между предприятиями, чтобы установить, причину их возникновения – ошибки, различные способы измерения или результат действительных различий в выбросах, рабочих условиях или технологии. Для производства ферросплавов составители кадастра должны сравнить данные завода с данными других заводов.

Необходимо убедиться в том, что коэффициенты выбросов и данные о деятельности были выведены в соответствии с международно-признанными и принятыми методами измерения. Если используемые методы измерения не соответствуют этому требованию, то использование таких данных о выбросах и деятельности должно быть тщательно продумано, а также должны быть пересмотрены оценки

неопределённости и дано заключение. Если применялись высокие стандарты измерения и ОК/КК проводился на большинстве предприятий, тогда неопределённость оценок выбросов можно пересмотреть в сторону понижения.

Мнение экспертов

Составителям кадастра рекомендуется добиваться участия в экспертном процессе ключевых промышленных и торговых организаций. Экспертный процесс должен начинаться на ранней стадии составления кадастра, чтобы они могли внести свой вклад в разработку и экспертизу методов и сбора данных.

Мнение третьей стороны может быть также полезно для этой категории источников, особенно в связи со сбором исходных данных, проведением измерений, переводом данных, расчетами и документацией.

Проверка данных о деятельности

Для всех уровней составители кадастра должны использовать рекомендации главы 2 (Стационарное сжигание топлива) тома 2, в секторе «Энергетика», чтобы гарантировать отсутствие двойного учёта или пропусков выбросов от восстановителей или технологических материалов (угля, кокса, природного газа и т.д.).

Составители кадастра должны проанализировать несогласованность данных для отдельных заводов, чтобы установить причину их возникновения – ошибки, различные способы измерения или результат действительных различий в выбросах, рабочих условиях или технологии. В частности, это относится к заводским оценкам количества восстановителя и данным об углеродном содержании технологических материалов. Составители кадастра должны сравнить суммарные заводские оценки с показателями общего потребления технологических материалов в промышленности, если такие торговые данные известны.

4.3.4.2 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эффективная практика предусматривает документирование и архивирование всей информации необходимой для проведения кадастровых оценок национальных выбросов в соответствии с инструкцией в разделе 6.11 тома 1. Нецелесообразно включать всю документацию в национальный кадастровый отчёт. При этом кадастр должен включать резюме используемых методов и ссылки на источники данных в таком виде, чтобы оценки выбросов были прозрачными и можно было воспроизвести все расчеты.

МЕТОД УРОВНЯ 1

По правилам *эффективной практики*, помимо оценок выбросов, отчёт должен отражать общие объёмы производства ферросплавов по различным способам и соответствующие коэффициенты выбросов. В соответствующей таблице следует отметить, что представленные выбросы – это лишь часть всех выбросов от этого сектора и остальная часть учтена в другом месте - в секторе «Энергетика», в главе 2 (Стационарное сжигание) тома 2.

МЕТОДЫ УРОВНЯ 2

Эффективная практика включает документирование оценок и расчётов выбросов, всех данных о деятельности и соответствующих коэффициентов выбросов, а также всех допущений и всех случаев применения поправочных коэффициентов. Следует дать чёткое объяснение связи с подкатегорией «Сжигание топлива», чтобы показать отсутствие двойного учёта и пропусков.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Эффективная практика предусматривает документирование рассчитанных выбросов и источников всех данных с учётом требований по защите конфиденциальности данных отдельных предприятий, если эти данные составляют коммерческую тайну. Кроме того, составители кадастра должны для всех уровней задокументировать всю информацию, которая необходима для расчетов, а также процедуры ОК/КК.

4.4 ПРОИЗВОДСТВО ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

4.4.1 Введение

В этом разделе рассматриваются выбросы от процессов производства первичного алюминия². 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)³, боковое предварительное спекание (SWPB), горизонтальный метод Стада Содерберга (HSS) и вертикальный метод Стада Содерберга (VSS).

Наиболее значительные выбросы дают:

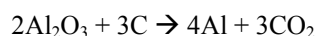
- (i) диоксид углерода (CO₂) в результате реакции углерода углеродных анодов с оксидом алюминия с образованием металлического алюминия;
- (ii) перфторуглероды (ПФУ) – выбросы CF₄ и C₂F₆ в результате анодных эффектов. CF₄ и C₂F₆. В меньших количествах имеют место выбросы CO, SO₂ и ЛНОС от производственных процессов. SF₆ не выделяется в электролитическом процессе и вообще очень редко применяется в процессе производства алюминия - лишь небольшие количества SF₆ выделяются при флюсовании алюминиевых сплавов с высоким содержанием магния⁴.

Схемы принятия решений по выбору методологии оценки выбросов от производства алюминия представлены на рисунках 4.11 и 4.12. Составители кадастра в странах, где производится алюминий, должны быть в состоянии применить метод минимального уровня 1 и обеспечить тем самым полную учёта. Хотя в этой главе представлены коэффициенты выбросов по умолчанию для CO₂ и ПФУ, страны 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. Производители 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 CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

При обычном способе алюминий образуется у катода, а углерод расходуется у анода согласно реакции электролитического восстановления алюминия:



Большая часть диоксида углерода выделяется в результате реакции электролиза углерода анода с глинозёмом (Al₂O₃). Потребление предварительно обожжённых угольных анодов и массы Содерберга является основным источником выбросов диоксида углерода при производстве первичного алюминия. Другие источники промышленных выбросов диоксида углерода, связанные с предварительным обжигом анода, составляют менее 10% общих неэнергетических выбросов CO₂.

² Выбросы от сжигания ископаемого топлива, связанные с производством первичного алюминия, добычей бокситов, обогащением бокситовых руд и восстановлением алюминия из вторсырья, рассмотрены в томе 2 (Энергетика). Выбросы диоксида углерода, связанные с производством энергии путём сжигания ископаемого топлива с целью производства алюминия, также рассмотрены в томе 2.

³ Включая электролизеры с точечной загрузкой и электролизеры с пробойником блочного типа.

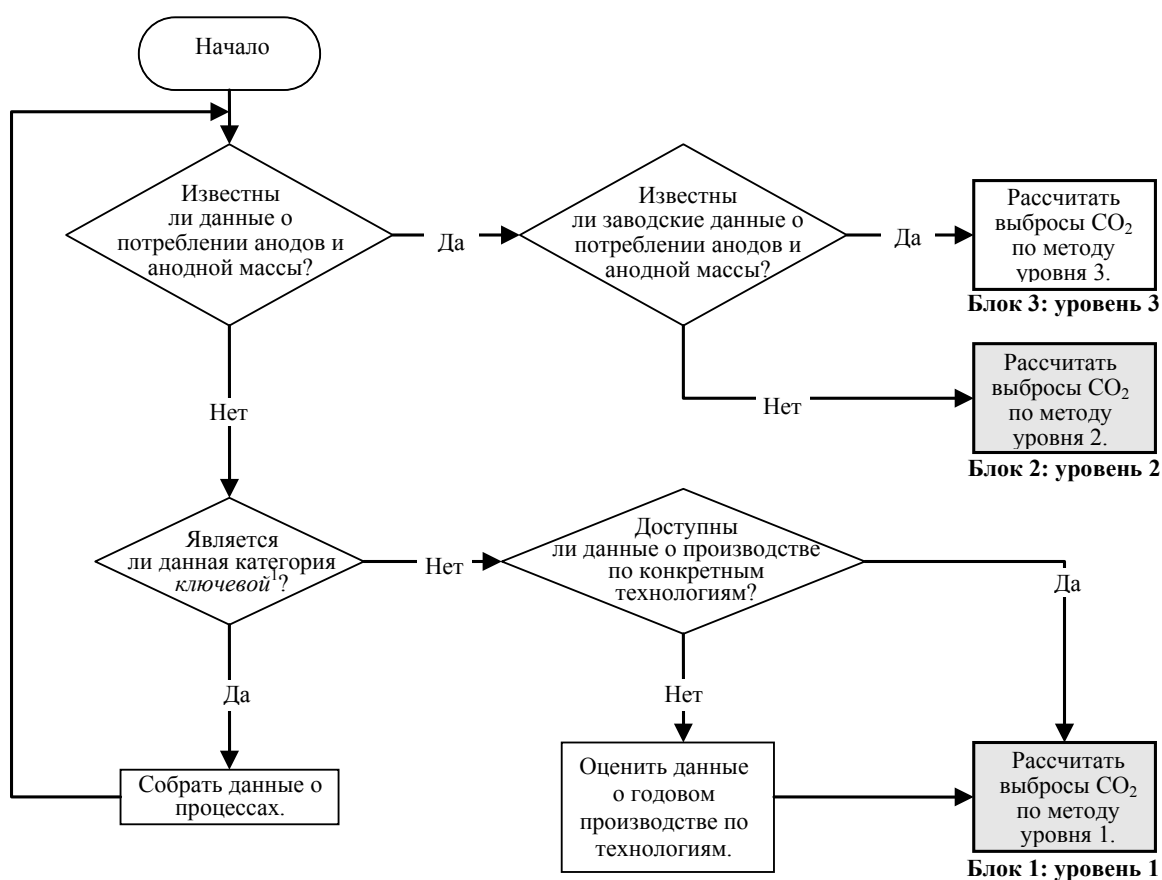
⁴ В 2004 году проверка IAI не обнаружила выбросов SF₆ от производства первичного алюминия по электролитическому способу Халла-Херулта.

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 окисления в термических процессах. Оба этих фундаментальных процесса, дающих 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 с предварительным обжигом не требуется.

Схема принятия решений на рисунке 4.11 отражает *эффективную практику* по выбору метода инвентаризации CO_2 с учётом национальных условий.

Рисунок 4.11 Схема принятия решений по оценке выбросов CO_2 от производства первичного алюминия



Примечания:

1. См. “The Aluminium Sector Greenhouse Gas Protocol”, Международный институт алюминия, 2005 г.
2. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).
3. Для расчета выбросов CO_2 необходимы данные отдельно для технологии Содерберга и технологии с предварительным обжигом. Более детализированная дифференциация по отдельным способам технологии Содерберга и 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. Т.к. 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 относится к *ключевой категории*.

Общие выбросы CO₂ рассчитывают по уравнению 4.20.

| |
|--|
| <p>УРАВНЕНИЕ 4.20</p> <p>ВЫБРОСЫ CO₂, СВЯЗАННЫЕ С ПОТРЕБЛЕНИЕМ АНОДА И/ИЛИ АНОДНОЙ МАССЫ – УРОВЕНЬ 1</p> $E_{CO_2} = EF_P \cdot MP_P + EF_S \cdot MP_S$ |
|--|

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от потребления анода и/или анодной массы, тонны CO₂

EF_P = коэффициент выбросов для технологии с предварительным обжигом (тонны CO₂/тонну продукции алюминия)

MP_P = производство металла по технологии с предварительным обжигом (тонны Al)

EF_S = коэффициент выбросов для технологии Содерберга (тонны CO₂/тонну продукции алюминия)

MP_S = производство металла по технологии Содерберга (тонны Al)

Методы уровня 2 или 3 для оценки выбросов CO₂

Для обеих технологий (с предварительным обжигом и Содерберга) выбросы CO₂ рассчитывают по массово-балансовому методу, который предполагает, что углеродное содержание израсходованного количества анодов или анодной массы даёт исключительно выбросы CO₂. В методе уровня 2 для обоих этих процессов используются типичные промышленные концентрации примесей, тогда как в методах уровня 3 – фактические концентрации примесей. Выбор метода между уровнем 2 и 3 зависит от того, известны ли данные о составе анодов и анодной массы на уровне завода.

Выбросы CO₂ для электролизеров с предварительным обжигом (CWPB и SWPB):

Выбросы CO₂ по методам уровня 2 и 3 для электролизеров с предварительным обжигом рассчитывают по уравнению 4.21. Для уровня 3 требуются данные на уровне отдельных действующих электролизеров для всех компонентов уравнения 4.21, тогда как в уровне 2 для некоторых компонентов используются значения по умолчанию. В разделе 4.4.2.2 более детально рассмотрено использование этих параметров.

| |
|---|
| <p>УРАВНЕНИЕ 4.21</p> <p>ВЫБРОСЫ CO₂, СВЯЗАННЫЕ С ПОТРЕБЛЕНИЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБОЖЖЁННОГО АНОДА – УРОВЕНЬ 2 И 3</p> $E_{CO_2} = NAC \cdot MP \cdot \frac{100 - S_a - Зола_a}{100} \cdot \frac{44}{12}$ |
|---|

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от потребления предварительно обожжённых анодов, тонны CO₂

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 CO₂ к атомной массе углерода, относительные единицы

Уравнение 4.21 следует применять для каждого предприятия с предварительным обжигом в стране и суммировать результаты для получения общих национальных выбросов. Можно использовать гибридный метод уровня 2/3, если данные о содержании золы или серы известны не для всех предприятий.

Выбросы от сжигания ископаемого топлива, используемого при производстве обожжённых анодов, рассмотрены в томе 2 (Энергетика). Однако два других источника выбросов CO₂ связаны с печами

обжига анодов – сжигание летучих веществ, выделившихся при обжиге, и сжигание материала загрузки печи (кокс). Для расчёта таких выбросов можно использовать уравнения 4.22 и 4.23.⁵

УРАВНЕНИЕ 4.22
ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ СЖИГАНИЯ ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ СМОЛЫ – МЕТОДЫ УРОВНЯ 2 И 3

$$E_{CO_2} = (GA - H_w - BA - WT) \cdot \frac{44}{12}$$

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от сжигания летучих веществ смолы, тонны CO₂

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 4.23
ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ МАТЕРИАЛА ЗАГРУЗКИ ПЕЧИ ОБЖИГА - МЕТОДЫ УРОВНЯ 2 И 3

$$E_{CO_2} = PCC \cdot BA \cdot \frac{100 - S_{pc} - Зола_{pc}}{100} \cdot \frac{44}{12}$$

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от материала загрузки печи обжига, тонны CO₂

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 CO₂ от электролизеров Содерберга (VSS и HSS):

Выбросы CO₂ по методам уровня 2 и 3 для электролизеров Содерберга рассчитывают по уравнению 4.24. Для уровня 3 требуются данные о конкретных электролизерах для всех компонентов уравнения 4.24, тогда как в уровне 2 для некоторых компонентов используются значения по умолчанию. В разделе 4.4.2.2 более детально рассмотрено использование этих параметров.

УРАВНЕНИЕ 4.24⁶
ВЫБРОСЫ CO₂ 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 CO₂ от потребления анодной массы, тонны CO₂

⁵ Дополнительную информацию о применении этих уравнений для оценки выбросов от сжигания летучих веществ см. в IAI Greenhouse Gas Protocol (IAI, 2005a).

⁶ Приемлемый альтернативный метод заключается в использовании параметра «смолообразование» вместо вычитания измеренных или принятых по умолчанию значений для S_p , H_p , Зола_p и CSM в уравнении 4.24. Смолообразование – параметр, который обычно определяется на многих предприятиях, работающих по технологии Содерберга; стандартный метод испытания на смолообразование описан в ASTM D2416.

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 CO₂ к атомной массе углерода, относительные единицы

Уравнение 4.24 следует применить к каждому предприятию в стране, работающему по технологии Содерберга, и суммировать результаты для получения общих национальных выбросов. Можно использовать гибридный метод уровня 2/3, если данные о содержании золы или серы известны не для всех предприятий.

4.4.2.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

Метод уровня 1 для выбросов CO₂

В таблице 4.10 перечислены коэффициенты выбросов по умолчанию для CO₂ 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) (International Aluminium Institute, Life Cycle Assessment of Aluminium 2000).

| Технология | Коэффициент выброса (тонны CO ₂ /тонну Al) | Неопределённость (+/-%) |
|---|---|-------------------------|
| С предварительным обжигом анодов ⁷ | 1,6 | 10 |
| Содерберга | 1,7 | 10 |

Источник: International Aluminium Institute, Life Cycle Assessment of Aluminium (IAI, 2000).

Коэффициенты выбросов уровня 2 или 3 для оценки выбросов CO₂

Выбросы CO₂ от электролизеров с предварительным обжигом (CWPB и SWPB):

Наиболее важными членами уравнения 4.21 для технологии с предварительным обжигом являются производство металла и нетто-потребление анодов. Данные об этих параметрах для использования уровня 2 и 3 следует брать у отдельных предприятий. Другие члены уравнения меньше влияют на показатели неуглеродных веществ анодов (сера, зола и т.п.) и поэтому не критичны. Уровень 3 основан на использовании данных предприятий для этих минорных веществ, тогда как уровень 2 основан на значениях по умолчанию из таблиц 4.11 – 4.13. Уровень 3 повышает точность результатов, но предполагаемое повышение точности не превышает 5%. Обычно на предприятиях по производству первичного алюминия ведётся учёт углерода, израсходованного на тонну продукции алюминия, в виде

⁷ Коэффициенты выбросов для технологии с предварительным обжигом включают выбросы CO₂ от сжигания летучих веществ смолы и кокса загрузки печи.

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».

| Таблица 4.11 Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO₂ от технологии с предварительным обжигом (CWPB и SWPB), см. уравнение 4.21 – метод уровня 2 или 3 | | | | |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Параметр | Метод уровня 2 | | Метод уровня 3 | |
| | Источник данных | Неопределённость (+/-%) | Источник данных | Неопределённость (+/-%) |
| MP: общее производство металла (тонны алюминия в год) | Данные от отдельных предприятий | 2 | Данные от отдельных предприятий | 2 |
| NAC: нетто-потребление анодов на тонну алюминия (тонны на тонну Al) | Данные от отдельных предприятий | 5 | Данные от отдельных предприятий | 5 |
| S _a : содержание серы в обожжённых анодах (вес.%) | Использовать типичное значение для данной промышленности 2 | 50 | Данные от отдельных предприятий | 10 |
| Зола _a : содержание золы в обожжённых анодах (вес.%) | Использовать типичное значение для данной промышленности 0,4 | 85 | Данные от отдельных предприятий | 10 |

Источник: IAI (2005b).

| Таблица 4.12 Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO₂ от сжигания летучих веществ смолы (CWPB и SWPB), см. уравнение 4.22 – метод уровня 2 или 3 | | | | |
|--|---|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Параметр | Метод уровня 2 | | Метод уровня 3 | |
| | Источник данных | Неопределённость (+/-%) | Источник данных | Неопределённость (+/-%) |
| GA: начальный вес необожженных анодов (тонны необожженных анодов в год) | Данные от отдельных предприятий | 2 | Данные от отдельных предприятий | 2 |
| H _w : содержание водорода в необожженных анодах (тонны) | Использовать типичное значение для данной промышленности 0,005 • GA | 50 | Данные от отдельных предприятий | 10 |
| VA: производство обожженных анодов (тонны в год) | Данные от отдельных предприятий | 2 | Данные от отдельных предприятий | 2 |
| WT: собранные отходы дёгтя (тонны) a) печи Райдхаммера (Riedhammer) b) Все другие печи | Использовать типичное значение для данной промышленности a) 0,005 • GA b) незначительно | 50 | Данные от отдельных предприятий | 20 |

Источник: IAI (2005b).

Таблица 4.13
Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO₂ от загрузки печи обжига (CWPB и SWPB), см. уравнение 4.23 – метод уровня 2 или 3

| Параметр | Метод уровня 2 | | Метод уровня 3 | |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | Источник данных | Неопределённость (+/-%) | Источник данных | Неопределённость (+/-%) |
| РСС: потребление кокса (тонны/тонну обожжённых анодов) | Использовать типичное значение для данной промышленности 0,015 | 25 | Данные от отдельных предприятий | 2 |
| ВА: производство обожжённых анодов (тонны в год) | Данные от отдельных предприятий | 2 | Данные от отдельных предприятий | 2 |
| S _{pc} : содержание серы в коксе загрузки печи (вес.%) | Использовать типичное значение для данной промышленности 2 | 50 | Данные от отдельных предприятий | 10 |
| Зола _{pc} : содержание золы в коксе загрузки печи (вес.%) | Использовать типичное значение для данной промышленности 2,5 | 95 | Данные от отдельных предприятий | 10 |
| Источник: IAI (2005b). | | | | |

Выбросы CO₂ от электролизеров Содерберга (VSS и HSS):

Содержание связующего в анодной массе (BC, см. уравнение 4.24) обычно меняется в пределах 1%, что является частью повседневной практики предприятия. Это важный член уравнения 4.24, потому что углеродное содержание смолы, которая выполняет функцию связующего, ниже, чем углеродное содержание кокса, который образует остальную часть анодной массы. Как было отмечено для потребления предварительно обожжённых анодов, самыми важными членами уравнения 4.24 являются производство металла и потребление анодной массы. Другие члены уравнения 4.24, которые зависят от количества примесей и небольших изменений в содержании углерода, меньше влияют на результат. Уровень 3 основан на использовании эксплуатационных данных предприятий для этих минорных компонентов, тогда как уровень 2 основан на значениях по умолчанию из таблицы 4.14. Уровень 3 повышает точность результатов, но предполагаемое повышение точности не превышает 5%.

Таблица 4.14
Источники данных и неопределённости для параметров, используемых для оценки выбросов CO₂ от ванн Содерберга (VSS и HSS) – метод уровня 2 или 3

| Параметр | Метод уровня 2 | | Метод уровня 3 | |
|---|---|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | Источник данных | Неопределённость данных (+/-%) | Источник данных | Неопределённость данных (+/-%) |
| MP: общее производство металла (тонны Al/год) | Данные от отдельных предприятий | 2 | Данные от отдельных предприятий | 2 |
| PC: потребление анодной массы (тонны на тонну Al) | Данные от отдельных предприятий | 2-5 | 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 | Данные от отдельных предприятий | 15 |
| BC: содержание связующего в анодной массе (вес.%) | Использовать типичное значение, Сухая анодная масса - 24 Влажная анодная масса - 27 | 25 | Данные от отдельных предприятий | 5 |
| S _p : содержание серы в смоле (вес.%) | Использовать типичное значение 0,6 | 20 | Данные от отдельных предприятий | 10 |
| Зола _p : содержание золы в смоле (вес.%) | Использовать типичное значение 0,2 | 20 | Данные от отдельных предприятий | 10 |
| H _p : содержание водорода в смоле (вес.%) | Использовать типичное значение для данной промышленности 3,3 | 50 | Данные от отдельных предприятий | 10 |
| S _c : содержание серы в кальцинированном коксе (вес.%) | Использовать типичное значение, 1,9 | 20 | Данные от отдельных предприятий | 10 |
| Ash _c : содержание золы в кальцинированном коксе (вес.%) | Использовать типичное значение 0,2 | 50 | Данные от отдельных предприятий | 10 |
| CD: содержание углерода в пыли от анодов (тонны углерод в пыли на тонну Al) | Использовать типичное значение 0,01 | 99 | Данные от отдельных предприятий | 30 |

4.4.2.3 ВЫБОР МЕТОДА ДЛЯ ПФУ

В процессе электролиза глинозем (Al₂O₃) растворяется во фторидном расплаве, который примерно на 80% состоит из криолита (Na₃AlF₆). Перфторуглероды (под термином ПФУ здесь подразумеваются вещества CF₄ и C₂F₆) 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.

Уровни 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 уровни 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. Метод уровня 3 для инвентаризации ПФУ следует применять с угловыми коэффициентами или коэффициентами перенапряжения, которые рассчитывают исходя из измерений, проведённых по общепринятым правилам (U.S. EPA и IAI, 2003). 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).

Схема принятия решений на рисунке 4.12 отражает *эффективную практику* по выбору метода инвентаризации ПФУ с учётом национальных условий. Для высокотехнологичных предприятий, которые выбрасывают весьма незначительные количества ПФУ, с помощью метода уровня 3, по-видимому, можно получить лишь небольшое улучшение результата в рамках общего кадастра парниковых газов для предприятий по сравнению с методом уровня 2.⁸ Следовательно, *эффективная практика* состоит в определении этих предприятий еще до выбора методов, в целях правильного распределения ресурсов. Параметры для определения этих высокотехнологичных предприятий зависят от типа технологических данных, собираемых на предприятии. Высокотехнологичные предприятия – это такие предприятия, на которых наблюдается менее 0,2 минут анодного эффекта на ванну в сутки (при измерении анодного эффекта в минутах). Если предприятия регистрируют перенапряжения, то на высокотехнологичных предприятиях перенапряжение составляет менее 1,4 мВ. Кроме того, на высокотехнологичных предприятиях затруднено очень точное измерение коэффициента выбросов ПФУ уровня 3, потому что при низкой частоте анодного эффекта требуется длительное время для получения устойчивого статистического результата. Статус высокотехнологичного предприятия следует перепроверять ежегодно, поскольку экономические факторы, такие как повторные пуски производственной линии после простоя, или технологические факторы, такие как периоды ограничения электроснабжения, могут приводить к временному повышению частоты анодного эффекта. Кроме того, со временем предприятия, которые поначалу не соответствовали параметрам высокотехнологичного предприятия, могут стать таковыми в результате внедрения новой технологии или улучшения рабочих условий. Обратите внимание, что во всех случаях применение различных уровней в различные годы требует особого внимания с тем, чтобы сохранить согласованность временного ряда.

Для всех остальных предприятий метод уровня 3 предпочтителен, поскольку заводские коэффициенты дают более точную оценку. Если измерения ПФУ с целью установления заводского коэффициента не проводились, то можно использовать метод уровня 2 до тех пор, когда такие измерения будут сделаны и установлены коэффициенты уровня 3. Страны могут использовать комбинацию уровней 2 и 3 в зависимости от типа данных, получаемых от отдельных предприятий.

⁸ Уровни технологических параметров, которые определяют высокотехнологичные предприятия по выбросам ПФУ – это сочетание порядка величины и неопределённости коэффициента уровня 2. Эти уровни рассчитывают с использованием верхних и нижних крайних значений 95%-ного доверительного интервала для коэффициента уровня 2 в качестве замещения для диапазона вероятных значений для коэффициентов уровня 3 для этих предприятий. Потенциальную разницу затем оценивают по общему количеству выбросов парниковых газов от промышленного предприятия, которое включает выбросы CO₂ и ПФУ. Если предприятие работает на уровне параметра анодного процесса для высокотехнологичного предприятия, указанного здесь, или ниже этого уровня, то эффект от перехода от метода уровня 2 к уровню 3 для ПФУ будет не выше 5% от общезвешенного ППП от выбросов парниковых газов. Выбросы ПФУ от высокотехнологичных предприятий дают менее 3% мировых выбросов ПФУ согласно исследованиям анодного эффекта, проведённого IAI в 2004 году.

Метод уровня 1: расчет на основании коэффициентах выбросов специфичных для отдельных технологий

В методе уровня 1 используются коэффициенты выбросов специфичные для отдельных технологий, а именно, для четырёх основных способов (CWPB, SWPB, VSS и HSS). Выбросы ПФУ можно рассчитать по уравнению 4.25. 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 ПФУ от первичного алюминия не относятся к *ключевой категории* и если предприятия не предоставляют соответствующие данные о процессе.

УРАВНЕНИЕ 4.25
ВЫБРОСЫ ПФУ - МЕТОД УРОВНЯ 1

$$E_{CF_4} = \sum_i (EF_{CF_4,i} \cdot MP_i)$$

и

$$E_{C_2F_6} = \sum_i (EF_{C_2F_6,i} \cdot MP_i)$$

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

MP_i = производство металла по технологии i , тонны Al

Методы уровня 2 и 3: расчет на основании анодного эффекта

Имеется два разных уравнения для расчета выбросов CF_4 от отдельных заводов и оба они отражают взаимосвязь между анодным эффектом и характеристиками производства. Эти уравнения включают угловой коэффициент и коэффициент перенапряжения. Оба типа коэффициентов основаны на прямых измерениях ПФУ. В уровне 2 используется усреднённый коэффициент, полученный в результате измерений на нескольких предприятиях, а в уровне 3 используются измерения на отдельном предприятии. Поскольку механизмы процесса производства выбросов ПФУ одинаковы для CF_4 и C_2F_6 , то эти два газа следует рассматривать вместе при оценке выбросов ПФУ. Во всех методах, описанных здесь, выбросы C_2F_6 рассчитывают в виде доли от выбросов CF_4 .

Если установлена связь между технологическими показателями анодного эффекта и выбросами ПФУ, то для расчёта выбросов ПФУ вместо прямого измерения ПФУ можно использовать постоянно собираемые данные о параметрах процесса. Выбор между этими двумя оценочными функциями зависит от применяемой технологии контроля процесса. Уравнение 4.26 используют в том случае, если ведётся регистрация анодного эффекта в минутах на ванно-сутки, а уравнение 4.27 – если ведётся регистрация перенапряжений.

Угловой коэффициент. Угловой коэффициент равен количеству кг CF_4 на тонну продукции алюминия, делённому на количество минут анодного эффекта на ванно-сутки⁹. 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 4.26 описывает метод с угловым коэффициентом для выбросов CF_4 и C_2F_6 .

⁹ Термин «ванно-сутки» означает число работающих ванн, умноженное на количество рабочих дней.

УРАВНЕНИЕ 4.26

ВЫБРОСЫ ПФУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА – МЕТОДЫ УРОВНЯ 2 И 3

$$E_{CF_4} = S_{CF_4} \cdot AEM \cdot MP$$

и

$$E_{C_2F_6} = E_{CF_4} \cdot F_{C_2F_6/CF_4}$$

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

Коэффициент перенапряжения. Некоторые системы технологического контроля регистрируют анодный эффект путём расчёта статистики перенапряжения, вызванного анодным эффектом (АЭ)¹⁰. АЭ равен приросту напряжения над целевым рабочим напряжением; было показано, что этот параметр хорошо предсказывает количество выбросов ПФУ, если его записывает система технологического контроля. Технологический контроль АЭ используется на многих современных заводах. АЭ равен сумме произведения времени на напряжение выше целевого рабочего напряжения, деленной на время, в течение которого эти данные были собраны.

УРАВНЕНИЕ 4.27

ВЫБРОСЫ ПФУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ – МЕТОДЫ УРОВНЯ 2 И 3

$$E_{CF_4} = OVC \cdot \frac{AEO}{CE/100} \cdot MP$$

и

$$E_{C_2F_6} = E_{CF_4} \cdot F_{C_2F_6/CF_4}$$

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

OVC = коэффициент перенапряжения для CF_4 , (кг CF_4 /тонну Al)/мВ

AEO = перенапряжение анодного эффекта, мВ

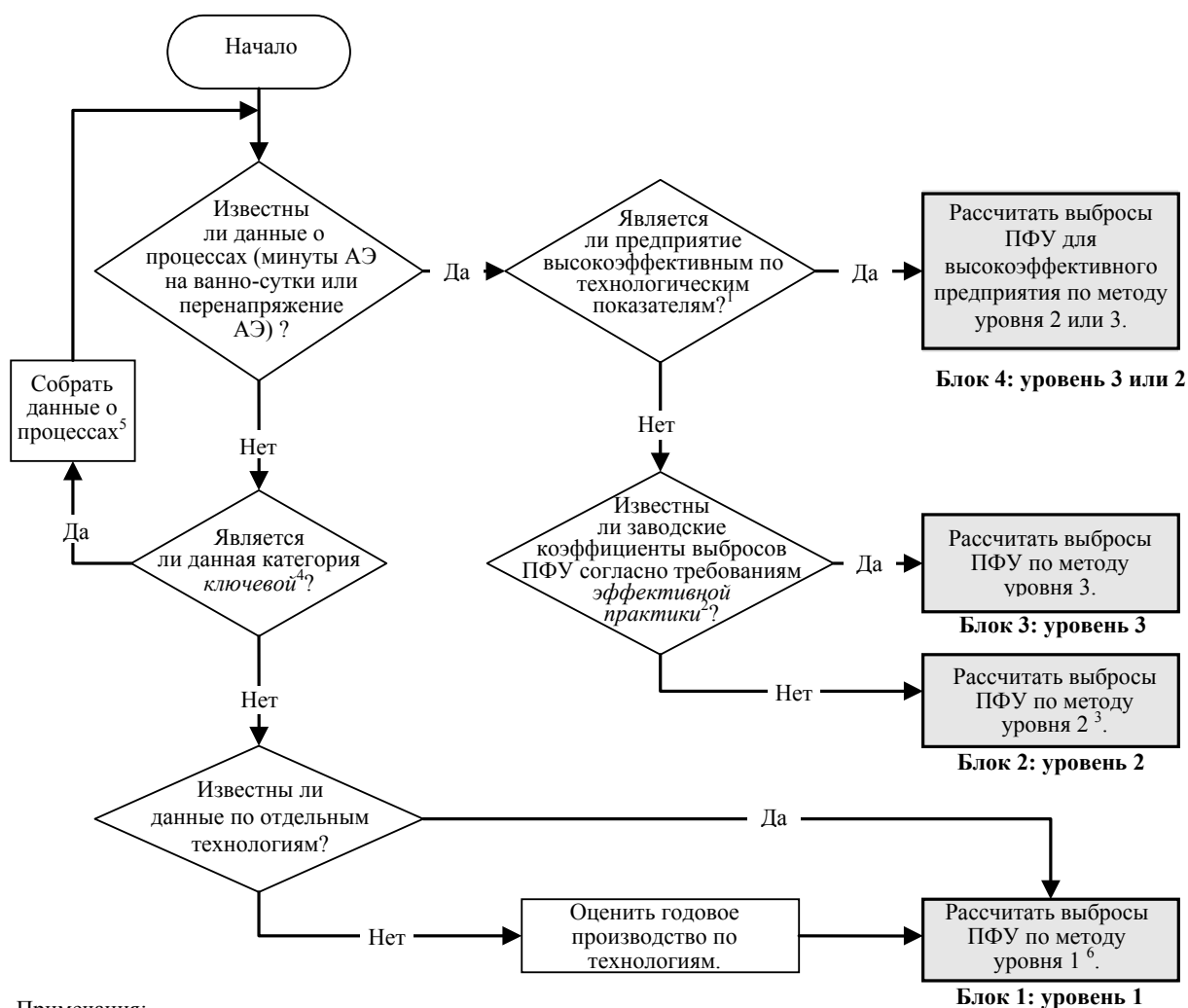
CE = коэффициент полезного действия тока, в пересчёте на продукцию алюминия, % (например, 95 %)

MP = производство металла, тонны Al

$F_{C_2F_6/CF_4}$ = весовое отношение C_2F_6/CF_4 , кг C_2F_6 /кг CF_4

¹⁰ Автоматизированная система управления сообщает либо «положительное» либо «алгебраическое» перенапряжение в зависимости от программного обеспечения. Термин «перенапряжение» не следует путать с классическим электрохимическим термином, который обычно означает дополнительное напряжение, необходимое для протекания электрохимической реакции.

Рисунок 4.12 Схема принятия решений по оценке выбросов ПФУ от производства первичного алюминия



Примечания:

1. Высокоэффективные предприятия выбрасывают настолько малое количество ПФУ, что можно не ожидать сколько-нибудь значительного повышения точности общей кадастровой оценки ПФУ при использовании метода уровня 3 вместо метода уровня 2. Высокоэффективные предприятия идентифицируют на основании регистрируемых технологических показателей: анодный эффект должен составлять менее 0,2 на ванно-сутки либо перенапряжение должно быть менее 1,4 мВ. Переход от метода уровня 3 к методу уровня 2 для таких предприятий дает повышение точности оценки ПФУ менее 5%.

2. *Эффективная практика* по определению заводских коэффициентов выбросов ПФУ описана в IAI GHG Protocol (IAI, 2005)

3. В данном случае следует использовать метод уровня 2 до тех пор, пока не станут известны заводские коэффициенты уровня 3; и метод уровня 3 следует использовать до тех пор, пока выбросы ПФУ не станут незначительными - в этом случае для предприятий можно выбрать любой из методов – уровня 2 или 3.

4. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).

5. Для *ключевых категорий* по правилам *эффективной практики* необходимо собрать данные об анодном эффекте и данные о производстве на уровне завода.

6. Предприятия по выпуску первичного алюминия регулярно регистрируют данные о деятельности, включая данные о производстве металла и об анодном эффекте, что позволяет использовать как минимум метод уровня 2. Использование методов уровня 1 для оценки выбросов ПФУ может давать десятикратную ошибку.

4.4.2.4 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ПФУ

Уровень 1: расчет на основании коэффициентов выбросов по умолчанию для отдельных технологий

Коэффициенты выбросов по умолчанию для метода уровня 1 представлены в таблице 4.15 ниже.

| ТАБЛИЦА 4.15 КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ И ДИАПАЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ДЛЯ РАСЧЁТА ВЫБРОСОВ ПФУ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ – МЕТОД УРОВНЯ 1 | | | | |
|---|---|--|---|--|
| Технология | CF ₄ | | C ₂ F ₆ | |
| | EF _{CF₄} (кг/тонну Al) ^a | Диапазон неопределённости (%) ^b | EF _{C₂F₆} (кг/тонну Al) ^c | Диапазон неопределённости (%) ^d |
| CWPB | 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 |

^a Коэффициенты CF₄ по умолчанию рассчитаны на основании медианного значения анодного эффекта, взятого из результатов обследования IAI в 1990 году (IAI, 2001).

^b Неопределённость основана на диапазоне коэффициентов выбросов CF₄, рассчитанных для отдельных технологий, взятых из работ IAI по изучению анодного эффекта в 1990 году (IAI, 2001).

^c Значения C₂F₆ по умолчанию были рассчитаны путём умножения средних мировых отношений C₂F₆:CF₄ для отдельных технологий на коэффициент выбросов CF₄ по умолчанию.

^d Диапазон неопределённостей был рассчитан путём умножения мировых средних отношений C₂F₆:CF₄ для отдельных технологий на рассчитанные минимальные и максимальные выбросы CF₄ для отдельных технологий, взятых из работ Международного института алюминия 1990 года (IAI, 2001).

Примечание: эти коэффициенты выбросов по умолчанию следует использовать только при отсутствии данных для уровня 2 и 3.

Уровень 2: коэффициент выбросов ПФУ, основанный на взаимосвязи анодного эффекта и выбросов ПФУ

Метод уровня 2 основан на использовании либо углового коэффициента, либо коэффициента перенапряжения для конкретной технологии восстановления и для технологии контроля процесса, см. таблицу 4.16.¹¹

Уровень 3: коэффициенты выбросов ПФУ для конкретных предприятий, основанные на взаимосвязи между анодным эффектом и выбросами ПФУ

Метод уровня 3 основан на угловом коэффициенте или коэффициенте перенапряжения для выбросов ПФУ для конкретного предприятия. Этот коэффициент характеризует взаимосвязь анодного эффекта, наблюдаемого на предприятии, и выбросов ПФУ на основании периодических или непрерывных измерений, которые проводятся в соответствии с установленными правилами измерений (U.S. EPA и IAI, 2003) и International Aluminium Institute GHG Protocol (IAI, 2005a).

4.4.2.5 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для применения методов уровня 1 по выбросам CO₂ и ПФУ необходимо собрать производственную статистику со всех предприятий. Для большинства стран характерна низкая неопределённость для показателей продукции алюминия в тоннах. Поскольку данные о производстве должны быть доступны повсеместно, то для проверки статистики производства следует использовать только данные о производственной мощности.

¹¹ Эти угловые коэффициенты были получены путём измерения ПФУ и корреляции измеренных выбросов ПФУ с минутами анодного эффекта на ванно-сутки на более чем ста предприятиях по выпуску алюминия. Значения в таблице 4.16 представляют коэффициенты для отдельных технологий, полученные на основании измерений, которые были известны в марте 2005 года, на момент создания этого документа. Следует отметить, что угловые коэффициенты уровня 2 основаны на статистике минут анодного эффекта на ванно-сутки, которая представлена в IAI GHG Protocol (IAI, 2005a). Эффективная практика состоит в использовании самых последних данных для расчёта выбросов ПФУ (как отмечается в IAI GHG Protocol) и базы данных для коэффициентов выбросов МГЭИК (IPCC Emission Factor Database).

ТАБЛИЦА 4.16
УГЛОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА ВЫБРОСОВ ПФУ ОТ
ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ – МЕТОД УРОВНЯ 2

| Технология ^a | Угловой коэффициент ^{b, c} [(кг ПФУ/ t_{Al}) / (минуты анодного эффекта/ванно- день)] | | Коэффициент перенапряжения ^{b, c, d} [(кг CF_4 / t_{Al}) / (МВ)] | | Весовое отношение C_2F_6 / CF_4 | |
|-------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|
| | CF_4 | Неопределён ность (+/-%) | CF_4 | Неопределён ность (+/-%) | C_2F_6/CF_4 | Неопределён ность (+/-%) |
| CWPB | 0,143 | 6 | 1,16 | 24 | 0,121 | 11 |
| SWPB | 0,272 | 15 | 3,65 | 43 | 0,252 | 23 |
| VSS | 0,092 | 17 | Не применяется | Не применяется | 0,053 | 15 |
| HSS | 0,099 | 44 | Не применяется | Не применяется | 0,085 | 48 |

^a Центральное предварительное спекание (CWPB) боковое предварительное спекание (SWPB), вертикальный метод Стада Содерберга (VSS) и горизонтальный метод Стада Содерберга (HSS).

^b Источник: измерения, переданные в IAI, измерения, финансируемые US EPA, и измерения различных заводов (U.S. EPA и IAI, 2003).

^c В каждом угловом коэффициенте и коэффициенте перенапряжения заложено предположение о соотношении выбросов по разным технологиям: CWPB 98%, SWPB 90%, VSS 85%, HSS 90%. Эти проценты были предложены на основании измерений фракции ПФУ, измерений выхода по газу фтору и заключения экспертов.

^d Указанные коэффициенты отражают измерения, проведённые на нескольких предприятиях, регистрирующих положительное перенапряжение, и на других предприятиях, регистрирующих алгебраическое перенапряжение. В настоящее время не установлено устойчивого соотношения между положительным и алгебраическим перенапряжением. Положительное перенапряжение должно давать лучшую корреляцию с выбросами ПФУ, чем алгебраическое перенапряжение. Коэффициенты перенапряжения не применяются к технологиям VSS и HSS.

В эффективной практике для оценки выбросов ПФУ необходимы точные данные о минутах анодного эффекта на ванно-сутки или точные данные о перенапряжении для всех типов ванн. Ежегодная статистика должна быть основана на средневзвешенных данных (в пересчёте на объём продукции) о ежемесячном анодном эффекте. У уровнях 2 и 3 используются данные о минутах анодного эффекта на ванно-сутки или данные о перенапряжении от анодного эффекта, а также данные о производстве алюминия. Чтобы убедиться в том, что необходимые данные имеются и представлены в формате пригодном для инвентаризации, следует обращаться в алюминиевые компании и промышленные группы, национальные алюминиевые ассоциации или Международный институт алюминия.

Все алюминиевые компании собирают данные, которые пригодны для оценки выбросов CO_2 по методам уровня 2 и 3. Заводы, работающие по технологии Содерберга, собирают данные о потреблении анодной массы, а заводы, использующие технологию предварительного обжига, регистрируют данные о потреблении обожжённых анодов. Методы уровня 2 и 3 используют одно и то же уравнение для расчёта выбросов CO_2 ; однако в методе уровня 3 используются данные о составе анодного материала для отдельного предприятия, а в методе уровня 2 используются усреднённые данные о составе анодов в отрасли.

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, и возможно будет необходимо провести измерения согласно описанию в разделе 4.4.2.7 (Разработка согласованного временного ряда), чтобы рассчитать выбросы ПФУ для некоторых участков 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.

4.4.2.7 ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Статистика по производству алюминия обычно известна для всего периода работы предприятия. Разработка согласованного временного ряда для выбросов диоксида углерода должна быть несложной, поскольку большинство предприятий всегда измеряли и регистрировали потребление анодов или анодной массы. Если исторические данные о потреблении анодов или анодной массы отсутствуют, то выбросы CO_2 можно оценить по производству алюминия с помощью метода уровня 1.

Полный временной ряд данных о деятельности, связанной с выбросами ПФУ (например, минуты анодного эффекта на ванно-сутки или перенапряжение), дают наилучший временной ряд. Поскольку проблема выбросов ПФУ в мировой промышленности алюминия выдвинулась на первый план в ранние 1990-е годы, многие предприятия, возможно, располагают ограниченной информацией об анодном эффекте, необходимой для инвентаризации ПФУ уровня 2 и 3 по всему периоду кадастра. Значительные ошибки и несогласованность могут быть внесены за счёт применения методов уровня 1 для выбросов ПФУ к тем годам, для которых нет данных. Возможность применения коэффициентов выбросов ПФУ уровней 2 и 3 к предыдущему периоду конкретного предприятия, а также наличие подробных данных о процессе зависят от конкретных условий. В целом историческая оценка с помощью методов уровня 2 и 3 с использованием заместительных данных и данных на границах периодов предпочтительнее, чем использование коэффициентов выбросов уровня 1. В частности, если известны только данные о частоте анодного эффекта, а данные о продолжительности анодного эффекта не известны, то *эффективная практика* состоит в «склеивании» или ретрополяции выбросов ПФУ на тонну алюминия на основании данных о частоте анодного эффекта. В настоящее время многие предприятия проводят измерения ПФУ, что облегчает инвентаризацию выбросов ПФУ по методам уровня 3. Имеется ряд проблем, от которых зависит возможность применения коэффициентов выбросов ПФУ уровня 3 к прошедшим периодам кадастра. Коэффициенты должны учитывать, проводилось ли обновление технологии на предприятии, были ли значительные изменения в работе предприятия, были ли внесены изменения в расчёты основных технологических данных, а также качество проведения измерений для установления коэффициентов уровня 3. *Эффективная практика* предполагает проведение консультаций с представителями предприятий (либо напрямую, либо через региональные или международные промышленные организации) с тем, чтобы выбрать наилучшую стратегию для отдельных групп предприятий, включённых в национальный кадастр. Дополнительную полезную информацию (в том числе по методам «склеивания») для построения временного ряда для первичного алюминия можно найти в документах IAI (IAI, 2005). Экспертную оценку о выбросах парниковых газов и типичных промышленных выбросах от производства алюминия также можно получить в Международном институте алюминия (Лондон, Соединённое Королевство).

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 технологий и рабочей практики, применяемых в разных странах или регионах. 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 $\pm 5\%$ для метода уровня 2 и 3 и менее $\pm 10\%$ 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. Оба этих фундаментальных процесса производства CO_2 относятся к числу постоянно наблюдаемых на предприятиях параметров процесса (нетто-потребление углерода и/или потребление анодной массы). Основной источник неопределённости – это нетто-количество углерода, потреблённого по технологии с предварительным обжигом, и потребление анодной массы в процессе Содерберга. Оба эти показателя тщательно контролируются и являются важными экономическими показателями предприятия. Можно добиться улучшения точности инвентаризации выбросов CO_2 путём переходы 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. Потому что основными факторами расчёта являются нетто-потребление углерода анодов или анодной массы и производство алюминия. Неопределённость обоих этих компонентов в уравнении расчёта невелика (2-

5%) и эта неопределённость преобладает во всех расчётах выбросов CO₂ по методу уровня 2 и 3. В расчётах обоих уровней (2 и 3) для этих параметров используются данные на уровне завода. В методе уровня 3 расчёт уточняется за счёт использования фактического состава углерода анодных материалов. Несмотря на то что может наблюдаться изменчивость в минорных компонентах анодных материалов, эта изменчивость не вносит значительного вклада в общий расчёт выбросов CO₂.

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 (IAI, 2005с), то использование метода уровня 1 может давать неопределённости такого же масштаба. Неопределённость меньше для метода уровня 3 по сравнению с уровнем 2; однако уровень снижения неопределённости зависит от типа технологии. Неопределённость для усреднённых 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. Метод уровня 3 даёт наименьшую неопределённость расчётов выбросов ПФУ. Однако для того чтобы достичь наименьшей неопределённости при расчётах ПФУ уровня 3, важно следовать *эффективной практике* при проведении заводских измерений ПФУ. Такая *эффективная практика* измерений была установлена и задокументирована в общедоступном протоколе (USEPA/IAI, 2003). При правильном выводе неопределённость этих коэффициентов уровня 3 составит +/-15% на момент измерения этих коэффициентов.

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.

4.4.4 Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация

4.4.4.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

Эффективная практика для всех предприятий первичного алюминия предусматривает регистрацию всех данных о деятельности, которые необходимы для расчёта коэффициентов выбросов согласно нашим руководящим принципам. Эти записи должны включать объём производства алюминия, показатели анодного эффекта и потребление углеродных материалов по технологии с предварительным обжигом анодов или по технологии Содерберга. Кроме того, Международный институт алюминия (IAI) ведёт глобальный учёт суммарных данных о деятельности для этих параметров, а региональные данные можно получить у региональных ассоциаций производителей алюминия. *Эффективная практика* состоит в суммировании оценок выбросов от каждого предприятия для расчёта общих национальных выбросов. Однако, если данные о производстве на уровне завода не известны, то для оценки объёма производства предприятия можно использовать данные о мощности предприятия и суммарные данные о национальном производстве.

Эффективная практика включает проверку заводских коэффициентов выбросов CO₂ на тонну алюминия путём сравнения с диапазоном значений для удельных выбросов CO₂ из таблиц 4.10 и 4.11.

Аналогично, основные коэффициенты уравнений, используемых для расчёта выбросов ПФУ на тонну алюминия, следует сравнить с коэффициентами из таблицы 4.15. Считается, что любое значение кадастра за пределами 95%-ного доверительного интервала для дисперсии генеральной совокупности данных должно быть подтверждено источником данных.

Использование стандартных методов измерения повышает согласованность получаемых данных, а также уровень знаний о статистических свойствах данных. Для первичного алюминия международно-признанным стандартом является стандарт документа EPA/IAI Protocol for Measurement of Tetrafluoromethane (CF₄) and Hexafluoroethane (C₂F₆) Emissions from Primary (U.S. EPA и IAI, 2003). Составители кадастра должны рекомендовать заводам этот метод для выведения коэффициентов уравнения для ПФУ уровня 3. Если наблюдается значительная разница между коэффициентами, рассчитанными на основании измерений ПФУ, и среднеотраслевыми коэффициентами уровня 2 для одной и той же технологии восстановления алюминия, то следует ещё раз проверить расчёты. Большие различия следует объяснить и задокументировать. Базу международных данных об анодном эффекте, которую можно использовать для выявления аномально отличающихся данных, можно получить в Международном институте алюминия. Кроме того, IAI также ведёт современную базу данных об измерениях ПФУ, поэтому рекомендуется консультироваться в IAI при оценке адекватности получаемых данных.

Изменение выбросов CO₂ на тонну алюминия, происходящее от года к году, не должно превышать +/- 10%, исходя из согласованности основных процессов, приводящих к выбросам CO₂. В отличие от CO₂, количество выбросов ПФУ на тонну алюминия может меняться от года к году в интервале до +/- 100%. Повышение удельных выбросов ПФУ может происходить вследствие нестабильности процесса. Повышение частоты и длительности анодного эффекта может происходить вследствие воздействия таких факторов, как непредвиденные перебои электроснабжения, изменение источников сырья для производства алюминия, проблемы в работе ванны и увеличение силы тока на ванну с целью увеличения производства алюминия. Понижение удельных выбросов ПФУ может происходить в результате снижения частоты и длительности анодного эффекта благодаря изменению алгоритма программы управления ванной, обновления технологии (например, установка точечных фидеров), улучшения рабочей практики и контроля сырья.

4.4.4.2 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эффективная практика предусматривает документирование и архивирование всей информации, необходимой для проведения кадастровых оценок национальных выбросов в соответствии с инструкцией в главе 6 (Обеспечение качества/ контроль качества и проверка достоверности) тома 1. Некоторые примеры документов и отчётов, относящихся к этой категории источников, будут представлены далее.

Нецелесообразно включать всю документацию в национальный кадастровый отчёт. При этом кадастр должен включать резюме используемых методов и ссылки на источники данных в таком виде, чтобы оценки выбросов были прозрачными, и чтобы можно было воспроизвести все расчёты. Для повышения прозрачности в *эффективной практике* выбросы ПФУ от производства алюминия учитываются в отдельной категории источников. Кроме того, в *эффективной практике* выбросы CF₄ и C₂F₆ учитываются отдельно друг от друга, на основании массового баланса.

Дополнительная информация для обеспечения прозрачности оценок выбросов показана в таблице 4.17 (Отчётная информация, рекомендуемая в рамках *эффективной практики*, о выбросах ПФУ от производства алюминия по уровням) далее.

Большая часть данных о продукции и процессах считается собственностью операторов, особенно если в стране имеется лишь небольшое число заводов. В *эффективной практике* применяют специальную методику (включая группирование данных) для защиты конфиденциальных данных.

| ТАБЛИЦА 4.17 | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|
| ОТЧЁТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, РЕКОМЕНДУЕМАЯ В РАМКАХ ЭФФЕКТИВНОЙ ПРАКТИКИ, О ВЫБРОСАХ CO₂ И ПФУ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ ПО УРОВНЯМ | | | |
| Данные | Уровень 3 | Уровень 2 | Уровень 1 |
| ПФУ | | | |
| Национальное годовое производство (по технологиям CWPB, SWPB, HSS или VSS) | | | X |
| Годовое производство по заводам (по технологиям CWPB, SWPB, HSS или VSS) | X | X | |
| Минуты анодного эффекта на ванно-сутки или перенапряжение анодного эффекта (мВ) | X | X | |
| Заводские коэффициенты выбросов, связанные с анодным эффектом | X | | |
| Коэффициенты выбросов, связанные с анодным эффектом, для конкретных технологий | | X | |
| Коэффициенты выбросов для технологий по умолчанию | | | X |
| Сопроводительная документация | X | X | X |
| CO₂ | | | |
| Национальное годовое производство (по технологии с предварительным обжигом или по технологии Содерберга) | | | X |
| Годовое производство по заводам (по технологии с предварительным обжигом или по технологии Содерберга) | X | X | |
| Нетто-потребление анодов по технологии с предварительным обжигом или потребление анодной массы по технологии Содерберга | X | X | |
| Концентрации примесей в углеродном материале и угольной пыли для ванн Содерберга | X | | |

4.5 ПРОИЗВОДСТВО МАГНИЯ

4.5.1 Введение

Производство магния является потенциальным источником выбросов и 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 | | | |
| | <i>SF₆</i> | <i>ГФУ</i> | <i>CO₂</i> | <i>Прочие*</i> |
| 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, карналит, серпентинит, минерализованную воду или морскую воду. Переработка карбонатного сырья (магнезита и доломита) сопровождается выделением CO₂. CO₂ выделяется на стадии кальцинирования карбонатных руд (доломит/магнезит), которая предшествует стадии электролитического/термического восстановления. Этот процесс аналогичен образованию CO₂ при производстве минеральных материалов (см. главу 2).

Вторичное производство магния включает извлечение и вторичное использование металлического магния из различных магниесодержащих 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 высокомагниевого сплава. Расплав магния (а также высокомагниевого сплава) можно лить различными способами, включая литьё без применения давления, литьё 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 ППП, такие как SF₆, которые обычно улетают в атмосферу. Литьё магния, независимо от типа процесса или источника магния, требует применения защитных методов и поэтому имеет одинаковые ППП 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, таких как защитные смеси, содержащие газ-носитель (обычно воздух/или CO₂) и SF₆ или SO₂¹², или, в некоторых случаях, флюс. Высокомагнетитовые сплавы обычно защищают газом, содержащим SF₆. Благодаря последним технологическим разработкам и курсу на замену SF₆, в магниевой отрасли стали внедряться другие защитные газы. По прогнозам в следующем десятилетии SF₆ иметь будут две основные альтернативы - фторированный углеводород ГФУ-134а и фторированный кетон FK 5-1-12 (C₃F₇C(O)C₂F₅), продаваемый под названием NovacTM612¹³, и выбор защитного газа производителями/переработчиками магния будет определяться национальными/региональными условиями (Tranell *et al.*, 2004).

ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПЕРВИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Как указано в таблице 4.18, магниесодержащие руды, выделяющие CO₂ при кальцинировании – это доломит (Mg·Ca(CO₃)₂) и магнезит (MgCO₃). На каждый килограмм продукции магния при кальцинировании теоретически выделяется 3,62 кг CO₂¹⁴ из доломита или 1,81 кг CO₂ из магнезита соответственно. Фактические выбросы CO₂ 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 (SF₆, HFC-134а или FK 5-1-12) в составе защитного газа, могут иметь место выбросы различных фторированных продуктов разложения (например, ПФУ) и, потенциально, газа-носителя (в зависимости от выбора – воздух и/или CO₂ или N₂).

SF₆

Считается, что SF₆ в составе защитного газа для магния является инертным веществом и, следовательно, весь SF₆, используемый в магниевой промышленности, улетает в атмосферу. Однако в последних независимых исследованиях (Bartos *et al.*, 2003 и Tranell *et al.*, 2004) было показано, что SF₆ в некоторой степени разрушается при контакте с жидким магнием/парами магния при обычных температурах хранения/переработки магния. Доля SF₆, разрушаемая в печи, а также тип/количество вторичных газовых продуктов реакции с магнием будет зависеть от условий производства, таких как концентрация SF₆ в защитном газе, скорость потока защитного газа, площадь реакционной поверхности магния, тип газа-носителя, условия загрузки печи и т.д.

HFC-134а, FK 5-1-12 и продукты разложения (например, ПФУ)

HFC-134а и FK 5-1-12 – менее термодинамически стабильные соединения, чем SF₆, и поэтому для них характерны намного более низкие ППП. Поэтому ожидается, что эти газы будут активно разлагаться/реагировать при контакте с жидким магнием/парами магния, образуя различные фторированные газы (например, ПФУ). Tranell *et al.*, 2004 вывел общее эмпирическое правило, которое заключается в том, что при замене SF₆ на ГФУ-134а для защиты той же поверхности магния потребуется менее половины действующего фторированного вещества в мольном выражении (при всех прочих равных условиях). При замене FK 5-1-12 на SF₆ потребуется менее четверти количества действующего вещества. Было показано, что, как и в случае SF₆, 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 продуктов разложения в пересчёте на CO₂ эквивалент будут более значительные, чем выбросы FK 5-1-12, судя по их относительному радиационному эффекту¹⁵.

Газы-носители

¹² Как было отмечено в томе 1, в кратком обзоре данных Руководящих принципов, в этой главе не рассматриваются методы оценки выбросов SO₂.

¹³ FK 5-1-12 (C₃F₇C(O)C₂F₅), продаваемый под названием NovacTM612, представляет собой фторированный кетон и производится компанией 3М (Milbrath, 2002).

¹⁴ Эти цифры соответствуют стехиометрическому соотношению Mg/Ca равному 1.

¹⁵ ППП 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 CO₂.

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.

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 условий. Схема принятия решений (см. рисунок 4.13 (Схема принятия решений для оценки выбросов CO_2 от производства первичного магния)) представляет *эффективную практику* по адаптации методов к национальным условиям.

Уровень 1

В методе уровня 1 используются национальные данные о первичном производстве и сырьевых материалах, применяемых в стране. Данные о национальном производстве могут не публиковаться, поскольку лишь небольшое число стран и производителей (часто только один производитель) производят магний, поэтому национальные данные о производстве часто объявляются конфиденциальными. При отсутствии национальной статистики производства первичного магния промышленные ассоциации, такие как Международная магниевая ассоциация (<http://www.intlmag.org/>), могут предоставлять региональные статистики. При отсутствии других данных можно оценивать производство первичного магния, исходя из ежегодных национальных продаж магния. Для этого метода характерна повышенная неопределённость, поскольку он не учитывает магний, использованный при производстве национального продукта.

Выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению 4.28.

УРАВНЕНИЕ 4.28
ВЫБРОСЫ CO_2 ОТ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНОГО МАГНИЯ – УРОВЕНЬ 1

$$E_{\text{CO}_2} = (P_d \cdot EF_d + P_{\text{mg}} \cdot EF_{\text{mg}}) \cdot 10^{-3}$$

Где

E_{CO_2} = выбросы CO_2 от производства первичного магния, Гг

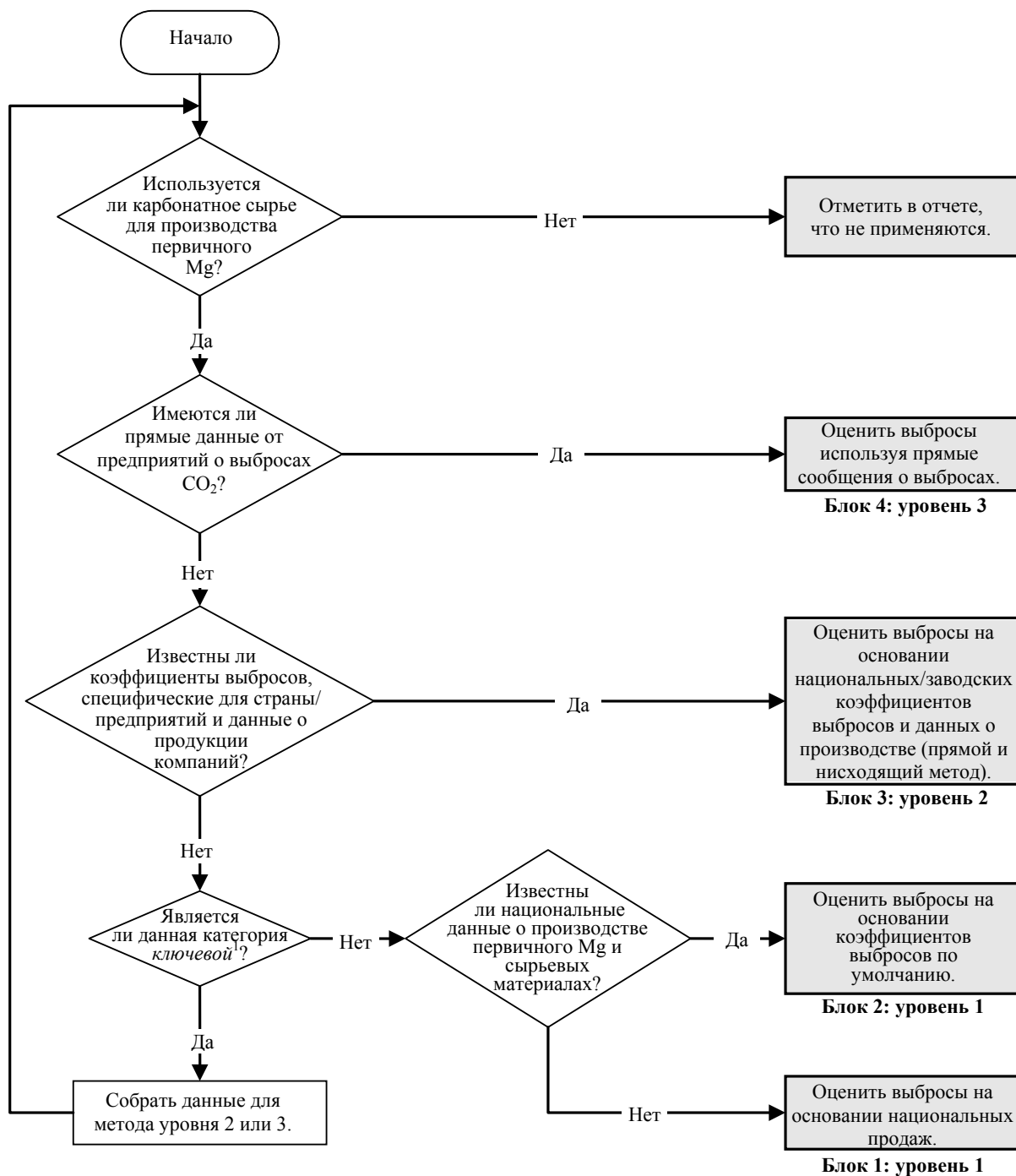
P_d = национальное производство первичного магния из доломита, тонны

P_{mg} = национальное производство первичного магния из магнезита, тонны

EF_d = коэффициент выбросов по умолчанию для выбросов CO_2 от производства первичного магния из доломита, тонны CO_2 /тонну продукции первичного Mg

EF_{mg} = коэффициент выбросов по умолчанию для выбросов CO_2 от производства первичного магния из магнезита, тонны CO_2 /тонну продукции первичного Mg

Рисунок 4.13 Схема принятия решений по оценке выбросов CO₂ от кальцинирования исходного сырья в процессе производства первичного магния



Примечания:

1. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).

Уровень 2

Метод уровня 2 для определения выбросов CO₂ 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 CO₂ рассчитывают по уравнению 4.29.

УРАВНЕНИЕ 4.29
ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНОГО МАГНИЯ – УРОВЕНЬ 2

$$E_{CO_2} = \sum_i (P_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3}$$

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от производства первичного магния, Гг

P_i = производство первичного магния на заводе i , тонны

EF_{mg} = коэффициент выбросов CO₂ от производства первичного магния из магнезита для компании/завода i , тонны CO₂/тонну продукции первичного Mg

Уровень 3

Если есть измеренные данные о выбросах CO₂, полученные от отдельных предприятий первичного магния, то эти данные можно суммировать для прямого расчёта национальных выбросов CO₂.

ПРОЦЕССЫ ЛИТЬЯ МАГНИЯ (ПЕРВИЧНОГО И ВТОРИЧНОГО)

SF₆

Выбор метода *эффективной практики* для подготовки кадастра выбросов SF₆ от литья магния также зависит от национальных условий. Схема принятия решений (см. рисунок 4.14 (Схема принятия решений по оценке выбросов SF₆ от переработки магния)) представляет *эффективную практику* по адаптиванию методов к национальным условиям.

Уровень 1 – коэффициенты выбросов по умолчанию

В методе уровня 1 используется общее количество магния, которое льют или перерабатывают в стране (уравнение 4.30). Основным допущением метода уровня 1 является предположение о том, что всё потребление SF₆ в магниевой отрасли улетает в атмосферу в виде SF₆. В разделе 4.5.1 отмечается, что 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 для расчета коэффициента выбросов по умолчанию, если SF₆ применяется для защиты от окисления, без учёта того, что потребление SF₆ 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 4.30
ВЫБРОСЫ SF₆ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНОГО МАГНИЯ – УРОВЕНЬ 1

$$E_{SF_6} = MGc \cdot EF_{SF_6} \cdot 10^{-3}$$

Где

E_{SF_6} = выбросы SF₆ от литья магния, тонны

MGc = общее количество магния, которое льют или перерабатывают в стране, тонны

EF_{SF_6} = коэффициент выбросов SF₆ по умолчанию от литья магния, кг SF₆/тонну отлитого Mg

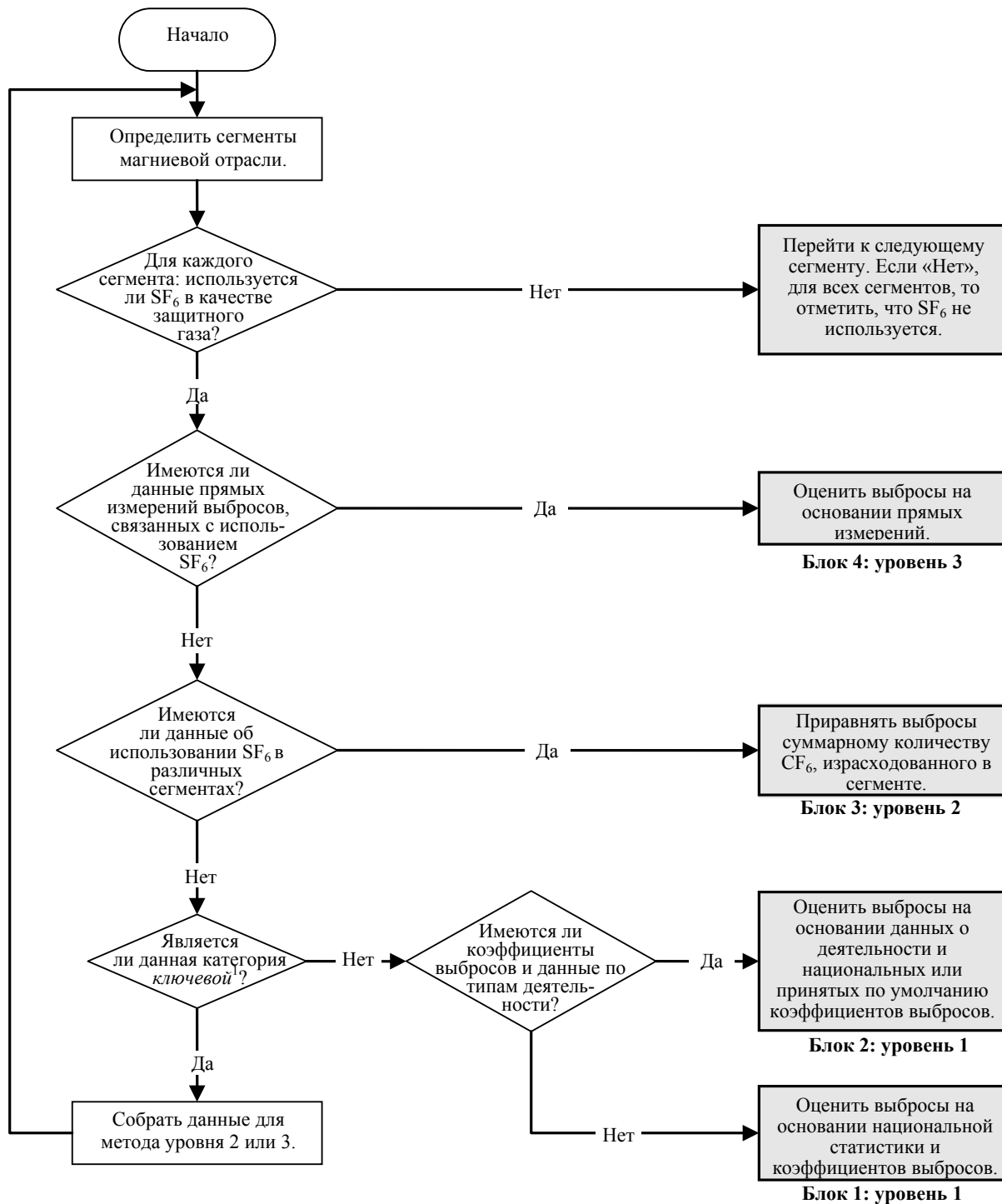
Уровень 2 – потребление SF₆ на уровне предприятия

В методе уровня 2 (также как в методе уровня 1) принимается допущение о том, что весь потреблённый SF₆ в последствии выбрасывается в атмосферу. Однако в методе уровня 2 вместо количества магниевого литья используются данные о национальном (или субнациональном) потреблении SF₆ в магниевой промышленности согласно промышленным отчётам или другим источникам, например, согласно национальным статистикам (уравнение 4.31).

Наиболее точное применение этого метода состоит в сборе прямых данных о потреблении SF₆ от всех индивидуальных потребителей этого газа в магниевой промышленности. Если нет прямых данных, то альтернативный, но менее точный, метод заключается в оценке доли годового национального потребления SF₆ в магниевой промышленности. Для этого необходимо собрать годовые данные обо всех

продажах SF_6 ; при этом считается, что весь SF_6 , проданный магниевой промышленности, был выброшен в атмосферу в течение года.

Рисунок 4.14 Схема принятия решений по оценке выбросов SF_6 от переработки магния



Примечания:

1. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).

УРАВНЕНИЕ 4.31
ВЫБРОСЫ SF₆ ОТ ЛИТЬЯ МАГНИЯ – УРОВЕНЬ 2

$$E_{SF_6} = C_{SF_6}$$

Где

E_{SF_6} = выбросы SF₆ от литья магния, тонны

C_{SF_6} = потребление SF₆ предприятиями по выплавке и литью магния, тонны

Метод уровня 3 – прямое измерение

Если имеются данные об измерениях выбросов на отдельных предприятиях по переработке магния, то эти данные можно суммировать для получения оценки национальных выбросов. По правилам *эффективной практики* такие отчёты включают данные о количестве разрушенного SF₆ и данные об образовании вторичных газообразных продуктов.

HFC-134a, FK 5-1-12 и продукты разложения (например, ПФУ)

В разделе 4.5.1 отмечается, что промышленное применение фторированных соединений (помимо SF₆) 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 SF₆. 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).

Однако, если выбросы ПГ от использования защитных газов для магния относятся к национальной *ключевой категории*, то в *эффективной практике* следует собирать прямые измерения или показательные косвенные измерения выбросов ПГ (летучие выбросы HFC134-а и FK 5-1-12, а также выбросы ПФУ как продуктов разложения) от магниевых литейных заводов, на которых в качестве защитного газа используется HFC-134a или FK 5-1-12. Это согласуется с методом уровня 3.

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 CO₂ ОТ ПЕРВИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Уровень 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 стране. 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 CO₂ на тонну продукции магния намного выше теоретического значения, указанного в разделе 4.5.1.

Уровень 2 – коэффициенты выбросов специфичные для страны/предприятия

Метод уровня 2 для определения выбросов CO₂ 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*.

Метод уровня 3 – прямое измерение

Если есть измеренные данные о выбросах CO₂, полученные от отдельных предприятий первичного магния, то эти данные можно суммировать для прямого расчёта национальных выбросов CO₂.

| Сырьевой материал | тонны CO ₂ /тонну продукции первичного Mg |
|-------------------|--|
| Доломит | 5,13 |
| Магнезит | 2,83 |

ПРОЦЕССЫ ЛИТЬЯ МАГНИЯ (ПЕРВИЧНОГО И ВТОРИЧНОГО)

SF₆

Уровень 1 – коэффициенты выбросов по умолчанию

Основным допущением метода уровня 1 является предположение о том, что весь SF₆, потреблённый в магниевой отрасли, улетает в атмосферу в виде SF₆, 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 (повторное использование, литьё слитков или литьё в формы под давлением и т.д.) не известен. Для рекомендованных условий литья в формы под давлением норма потребления составляет около 1 кг SF₆ на тонну продукции или расплава магния (Gjestland and Magers, 1996). Несмотря на то, что потребление SF₆ 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 SF₆ используется для защиты от окисления. Если национальные процессы производства магния хорошо задокументированы, то в более точном варианте метода уровня 1 данные о производстве и коэффициенты выбросов подразделяют по различным типам процессов. Эти коэффициенты выбросов должны отражать зависимость выбросов SF₆ от количества продукции магния на том же уровне разгруппирования, что и данные о деятельности (т.е. национальные, субнациональные и т.д.). Национальные коэффициенты выбросов, основанные на заводских измерениях, предпочтительнее по сравнению с международными коэффициентами по умолчанию, поскольку они отражают условия страны. Такую информацию можно получить в промышленных ассоциациях или в результате исследований.

| Технология литья | кг выбросов SF ₆ на тонну литья Mg |
|--------------------|---|
| Все процессы литья | 1,0 |

Источник: Gjestland и Magers (1996)

Уровень 2 – потребление SF₆ на уровне компаний В методе уровня 2, также как в методе уровня 1, основополагающим принципом является предположение о том, что весь потреблённый SF₆ выбрасывается в атмосферу. Однако, в методе уровня 2 данные о национальном (или субнациональном) потреблении SF₆ в магниевой промышленности получают от промышленных предприятий или из таких источников, как национальные статистики.

Наиболее точное применение этого метода состоит в сборе прямых данных о потреблении SF₆ от всех индивидуальных потребителей этого газа в магниевой промышленности. Если нет прямых данных, то альтернативный, но менее точный, метод заключается в оценке доли годового национального потребления SF₆ в магниевой промышленности. Для этого необходимо собрать годовые данные обо всех продажах SF₆; при этом считается, что весь проданный магниевой промышленности SF₆ был выброшен в атмосферу в течение года.

Уровень 3 – прямое измерение

Если есть измеренные данные о выбросах, полученные от отдельных предприятий по переработке магния, то эти данные можно суммировать для получения прямой оценки национальных выбросов.

Эффективная практика состоит в том, что такие отчёты должны включать данные о количестве разрушенного SF_6 и данные об образовании вторичных газообразных продуктов.

HFC-134a, FK 5-1-12 и продукты разложения (например, ПФУ)

Выше уже говорилось о том, что имеется лишь немного исторических данных для расчёта коэффициентов выбросов. Однако, если выбросы ПГ от использования защитных газов для магния относятся к национальной *ключевой категории*, то в *эффективной практике* следует собирать прямые измерения или надежные косвенные измерения выбросов ПГ (летучие выбросы HFC134-a и FK 5-1-12, а также выбросы ПФУ как продукты разложения) от магниевых литейных заводов, которые в качестве защитного газа используют HFC-134a или FK 5-1-12. Это можно рассматривать как метод уровня 3. Со временем вероятно можно будет использовать измерения уровня 3 для разработки коэффициентов выбросов для уровня 2.

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 национальные данные о первичном производстве и типах сырьевых материалов, применяемых в стране. В разделе 4.5.2.1 уже отмечалось, что эти данные могут не публиковаться, и поэтому их трудно получить, особенно для малотоннажного производства (особенно по технологии термического восстановления) в развивающихся странах. Приблизительные данные о национальном производстве магния можно получить через промышленные ассоциации, такие как Международная магниевая ассоциация. Для метода уровня 2 необходимо собрать данные о производстве первичного магния и о карбонатных сырьевых материалах от каждого предприятия/завода. Данные о деятельности для метода уровня 3 состоят из прямых измерений выбросов.

ПРОЦЕССЫ ЛИТЬЯ МАГНИЯ (ПЕРВИЧНОГО И ВТОРИЧНОГО)

SF_6

Для метода уровня 1 *эффективная практика* предусматривает разгруппирование данных о производстве на сегменты, использующие SF_6 , если это возможно, (например, первичное производство, вторичное использование, литьё слитков, литьё в форму под давлением, литьё без применения давления и т.д.) и применение имеющихся в распоряжении коэффициентов выбросов к каждому сегменту. Если разгруппированные данные не доступны, то для оценки можно использовать данные о производстве с более высокой степенью группирования, которые могут объединять несколько разных технологий. При отсутствии данных о потреблении SF_6 или о производстве магния альтернативой является сбор ежегодных национальных данных о продаже SF_6 магниевой промышленности. Производители SF_6 могут предоставить эти данные напрямую, либо эти данные можно найти в национальных статистиках. В *эффективной практике* при оценке доли потребления магниевой промышленностью анализируют данные о потреблении другими отраслями промышленности, которые используют SF_6 (например, для электрооборудования).

Для методов уровня 2 и 3 данными о деятельности являются отчёты о выбросах SF_6 (и вторичного газообразного продукта) либо общее потребление SF_6 на всех заводах. Для метода уровня 1 необходимы национальные или заводские данные о производстве магния. Если предприятия напрямую сообщают о потреблении SF_6 , то по правилам *эффективной практики* необходимо оценить долю производства, которая соответствует этим предприятиям. Выбросы от остальных заводов в *эффективной практике* оценивают на основании объёмов производства.

HFC-134a, FK 5-1-12 и продукты разложения (например, ПФУ)

Данные о деятельности для метода уровня 3 состоят из прямых измерений выбросов. Методы уровня 1 и 2 отсутствуют, и поэтому данные о деятельности не требуются.

Газы-носители

По правилам *эффективной практики* следует выбирать данные о деятельности для газа-носителя аналогичные данным о деятельности, которые используются для действующего соединения. Т.е., если CO₂ используется в качестве газа-носителя для CF₆, то данные о деятельности для CO₂ должны отражать данные о деятельности для CF₆. Если CO₂ используется в качестве газа-носителя для HFC-134a или FK 5-1-12, то данные о деятельности для CO₂ должны отражать данные о деятельности для HFC-134a или FK 5-1-12.

4.5.2.4 ПОЛНОТА

Неполная прямая отчётность или неполные данные о деятельности не характерны для первичного производства магния в развитых странах. Обычно в этих странах имеется небольшое число хорошо известных производителей первичного магния, которые ведут хороший учёт. В развивающихся странах неполнота данных в целом характерна для литейной промышленности с разрозненными предприятиями разной мощности, которые используют разные технологии. Некоторые заводы могут поставлять свою продукцию в такие сегменты рынка, которые не охвачены национальными статистиками. Составители кадастра должны указать, что оценка для этих сегментов мелкой промышленности отсутствует, однако нельзя просто проигнорировать этот сегмент промышленности. По правилам *эффективной практики* следует периодически исследовать эту промышленность и устанавливать тесные связи с международными и местными промышленными ассоциациями с целью проверки полноты оценок.

Поскольку альтернативные (не содержащие CF₆) защитные газовые смеси разлагаются с образованием различных продуктов, то можно предполагать наличие некоторого, не учтённого кадастром, потенциала глобального потепления. По-видимому, он невелик.

Поскольку всё возрастающая доля мирового первичного производства и переработки магния приходится на мелкие предприятия развивающихся стран, то можно ожидать, что полнота учета может вырасти в большую проблему.

Составители кадастра должны принять меры, чтобы не допустить двойного учёта выбросов от кальцинирования карбоната магния сырьевых материалов при производстве первичного магния и выбросов от кальцинирования известняка, доломита и других карбонатных материалов (см. главу 2 этого тома (Другие процессы с использованием карбонатов)). Все выбросы, связанные с кальцинированием карбонатов для производства первичного магния, следует учитывать как выбросы ПГ от производства магния.

4.5.2.5 ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Как правило, статистика об общем производстве магния на заводе за предыдущие годы известна. Однако в некоторых случаях исторические данные о производстве не доступны из-за недостатка первоначальных записей или вследствие изменения в структуре промышленности в промежуточный период. В этом случае можно использовать данные о производстве из международных источников.

Могут возникнуть проблемы с установлением согласованного временного ряда для выбросов CO₂ от производства первичного магния, поскольку эти выбросы, возможно, не были отражены в отчётах до 2006 года (в *Пересмотренных Руководящих принципах МГЭИК 1996* нет руководства по отчётности (IPCC, 1997)). Однако для большинства предприятий первичного магния можно предположить, что уровень выбросов CO₂ был относительно постоянный во времени в пересчёте на тонну продукции магния.

Для выбросов CF₆ *эффективная практика* для метода уровня 1 предусматривает умножение исторических данных о деятельности на субнациональный/национальный или принятый по умолчанию коэффициент выбросов, который используется в настоящее время для построения согласованного временного ряда. Следует отметить, что заводские коэффициенты выбросов обычно уменьшаются со временем в связи с повышением экологического сознания, экономическими факторами, улучшением технологии и рабочей практики.

Поскольку до 2003 года ни в одной стране не использовали HFC-134a и FK 5-1-12 в качестве защитного газа в магниевой промышленности, то исторические выбросы, по-видимому, равны нулю. Поскольку отчётность о выбросах этих газов очень сложная, то составителям кадастра будет нелегко разработать согласованный временной ряд.

По правилам *эффективной практики* следует рассчитать исторические коэффициенты выбросов в соответствии с руководством в главе 5 тома 1. Для обеспечения согласованности во времени в *эффективной практике* пересчитывают оценки выбросов с использованием исторических и новых методов, чтобы показать, что возможные тенденции в изменении выбросов реальные и не являются следствием изменения методики расчёта. *Эффективная практика* предполагает документирование всех принятых допущений и архивирование этих документов у составителей кадастра.

4.5.3 Оценка неопределённостей

ВЫБРОСЫ CO₂ 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 и которые необходимы для методов уровня 2 и 3 для всех газов, обычно имеют точность в пределах 5%. На уровне национальной инвентаризации точность данных о производстве магния и о выбросах сравнима с данными других статистик национального производства (т.е. $\pm 5\%$). Дополнительную неопределённость вносит оценка доли той продукции, о которой заводы не сообщают напрямую.

Процессы литья магния (первичного и вторичного)

SF₆

В методе уровня 1 неопределённость вносят группирование продукции от различных вторичных сегментов и использование коэффициентов выбросов по умолчанию. Например, национальные данные, полученные от литейных производств, могут не подразделяться на литьё под давлением и литьё без применения давления, несмотря на то, что эти технологии имеют различный потенциал выбросов SF₆. Таким образом, этот метод по умолчанию даёт очень грубое приближение к фактическим выбросам. Поскольку при различных операциях переработки и литья могут использоваться концентрации SF₆ 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 SF₆ выбрасывается в атмосферу. В типичных операциях литья неопределённость этого предположения должна быть в пределах 30% (Bartos *et al.*, 2003). Для метода уровня 2 неопределённость, связанная с использованием SF₆, очень невелика на уровне завода, поскольку SF₆ можно легко и точно измерить на основании объёмов закупки. (Неопределённость оценки менее 5% обычно характерна для данных, получаемых напрямую от заводов).

Для метода уровня 3 неопределённости возникают главным образом от калибровки/точности оборудования мониторинга. Типичные методы газового анализа, такие как ИК-Фурье спектроскопия, обычно имеют точность $\pm 10\%$. Помимо ИК-Фурье и подобных аналитических методов дополнительную неопределённость будут давать проблемы, связанные с репрезентативностью образцов и калибровкой, что в результате может дать суммарную неопределённость ИК-Фурье метода $\pm 20\%$.

НFC-134a, FK 5-1-12 и продукты разложения (например, ПФУ)

Также как в методе уровня 3 для SF₆, основные неопределённости связаны с калибровкой/точностью оборудования для мониторинга процессов с использованием защитных газов НFC-134a или FK 5-1-12. Неопределённости составляют около $\pm 10\%$.

Газы-носители

Максимальная неопределённость связана с методом уровня 1, в котором выбросы CO₂ от защитных газов считаются ничтожно малыми. В частности, это относится к предприятиям, которые используют газовую смесь с высоким содержанием CO₂. Для других уровней характерна та же неопределённость, что и для SF₆.

4.5.4 Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация

4.5.4.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

В *эффективной практике* контроль качества проводят на основании требований, изложенных в главе 6 тома 1, и мнения экспертов о полученных оценках выбросов. Можно также применять дополнительный контроль качества, согласно описанию в главе 6 тома 1, и процедуры по обеспечению качества, особенно для методов более высокого уровня. Для *ключевых категорий* рекомендуется использовать более высокий уровень ОК/КК, согласно определению в главе 4 тома 1.

В следующих разделах будут рассмотрены дополнительные процедуры характерные для производства магния.

Сравнение оценок выбросов, полученных разными методами

Если выбросы рассчитаны с использованием данных от отдельных заводов, то следует сравнить эту оценку с выбросами, рассчитанными на основании национальных данных о производстве магния или (в случае SF_6) с данными о национальном потреблении в связи использованием магния. Следует записать результаты сравнения и исследовать все возможные несоответствия.

Проверка данных на уровне завода

Для облегчения независимой проверки следует архивировать следующую информацию на уровне завода:

- объёмы производства магния и типы процессов производства магния;
- потребление/состав защитного газа с потенциалом глобального потепления (SF_6 , HFC-134a, FK 5-1-12, CO_2 и т.д.) или объём производства магния (там, где используются коэффициенты);
- результаты ОК/КК на уровне завода (включая документирование методов отбора проб, измерения и результатов измерения для данных на уровне завода);
- результаты ОК/КК, проводимых каким-либо объединением (например, промышленной ассоциацией, такой как Международная магниевая ассоциация);
- метод расчёта и оценки; и
- где применимо, перечень допущений о распределении национального использования SF_6 , HFC-134a, FK 5-1-12 или других защитных газов или о производстве на уровне завода.

Составители кадастра должны определить, были ли использованы национальные или международные стандарты измерений для оценки расходования защитных парниковых газов (SF_6 , HFC-134a, FK 5-1-12 и т.д.) или для данных о производстве магния на отдельных заводах. Если стандартные методы и процедуры ОК/КК не были соблюдены, то следует повторно рассмотреть возможность применения этих данных о деятельности.

Проверка национальных данных о деятельности

Меры ОК/КК в отношении данных о производстве магния следует оценить и сделать ссылки. Составители кадастра должны убедиться в том, что торговые ассоциации или агентства, которые собирают данные о национальном производстве, используют допустимые процедуры ОК/КК. Если процедуры ОК/КК приемлемы, то составители кадастра должны сделать ссылку на деятельность по контролю качества в рамках документации ОК/КК.

Оценка коэффициентов выбросов

Если используются коэффициенты специфичные для компании/страны, то составители кадастра должны пересмотреть уровень КК, связанный с используемыми данными. *Эффективная практика* включает перекрёстную проверку национальных коэффициентов выбросов по умолчанию с коэффициентами на уровне завода с целью определения их репрезентативности.

Оценка экспертов

Составители кадастра должны вовлекать в работу специалистов магниевой отрасли для тщательной оценки кадастра, при условии соблюдения возможных вопросов конфиденциальности. Исторические данные о производстве могут быть менее чувствительны к открытой публикации по сравнению с

текущими данными, и они могут быть использованы для внешней экспертной оценки выбросов на уровне завода.

Проверка достоверности данных о выбросах SF₆

Составители кадастра должны суммировать количество SF₆, использованного в различных промышленных секторах (например, в магниевой отрасли, в секторе электрооборудования и т.д.), и сравнить эту сумму с показателем общего потребления SF₆ в стране, взятого из данных по импорту/экспорту, и объёмом производства. Таким образом получают верхнюю границу потенциальных выбросов.¹⁶

4.5.4.2 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эффективная практика предусматривает документирование и архивирование всей информации необходимой для проведения кадастровых оценок национальных выбросов в соответствии с инструкцией в разделе 6.11 тома 1. Нецелесообразно включать всю документацию в национальный кадастровый отчёт. При этом кадастр должен включать резюме используемых методов и ссылки на источники данных в таком виде, чтобы оценки выбросов были прозрачными и можно было воспроизвести все расчеты.

Для повышения прозрачности в *эффективной практике* выбросы от категории источника, связанной с магнием, подразделяют по промышленным сегментам, таким как первичное производство, вторичное производство и литьё.

Следующая дополнительная информация может быть полезна для обеспечения прозрачной отчетности.

Прямая отчётность

- число магниевых заводов, предоставивших отчёты;
- типы используемых процессов и предприятий;
- объёмы производства магния и магниевых продуктов;
- выбросы SF₆, связанные с сегментом магния;
- использование других защитных газов с ПГП; и
- данные о коэффициентах выбросов (и ссылки) для каждого защитного газа с ПГП.

Оценка потенциальных выбросов, основанная на национальных торговых данных

- национальное потребление SF₆ (и ссылки);
- национальное использование HFC-134a, связанное с сектором магния;
- национальное использование FK 5-1-12, связанное с сектором магния;
- допущения, принятые по отношению к распределению SF₆, HFC-134a, FK 5-1-12, используемых в секторе магния;
- оценка в процентах количеств SF₆, HFC-134a и FK 5-1-12, используемых в национальном секторе магния (и ссылки); и
- любые другие принятые допущения.

В большинстве стран магниевая промышленность представлена небольшим числом заводов. В этой отрасли данные о деятельности и о выбросах защитных газов (которые прямо связаны с деятельностью) могут составлять коммерческую тайну и поэтому их открытая публикация может быть ограничена мерами по защите конфиденциальности.

¹⁶ Не всегда сгруппированные данные о потреблении дают верхний предел выбросов. В зависимости от национальных показателей потребления SF₆ в промышленности, в некоторые годы фактические выбросы SF₆ могут оказаться выше потребления SF₆. Например, потребление для литья магния под давлением может быть очень низким, производство полупроводников может быть небольшим, но при этом значительный банк SF₆ электрооборудования может расти с годами. В этом случае утечки от банка и выбросы от вывода оборудования из эксплуатации могут привести к тому, что фактические выбросы будут превышать потребление SF₆ (потенциальные выбросы). См. также раздел 8.2 о выбросах SF₆ от электрооборудования.

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. (Sjardin, 2003)

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 (Metallurgical Industry, 1995). 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 (DOE, 2002). Агломерат затем помещают в доменную печь вместе с рудами, содержащими другие металлы, воздухом, побочными продуктами плавильной печи и доменным коксом (Metallurgical Industry, 1995). Кокс сгорает в реакции с воздухом с образованием монооксида углерода (CO), который и восстанавливает оксид свинца (DOE, 2002). Плавку свинца производят либо в традиционной доменной печи, либо в так называемой печи Империял Смелтинг (Imperial Smelting). Процесс плавки свинца представляет собой реакцию восстановления оксида свинца с образованием выбросов CO_2 (Sjardin, 2003). Продуктом процесса спекания является расплав сырого свинца (Metallurgical Industry, 1995).

В способе прямой плавки отсутствует стадия спекания, и концентраты свинца и другие материалы загружаются прямо в печь, где они плавятся и окисляются (Sjardin, 2003). Для прямой выплавки свинца используются различные типы печей, при этом печи Исасмелт-Аусмелт (Isasmelt-Ausmelt), Квини-Шуман-Лурджи (Queneau-Schumann-Lurgi) и Калдо (Kaldo) используются для плавки в ваннах, а печь Кивсет (Kivcet) – для плавки во взвешенном состоянии. 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 (Sjardin, 2003; LDA, 2002). Процесс прямой плавки даёт большие экологические и потенциальные экономические преимущества за счёт отсутствия стадии спекания, и поэтому по прогнозам доля этого процесса будет расти в общем производстве первичного свинца (LDA, 2002).

ПРОЦЕСС ВТОРИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Вторичное производство очищенного свинца равно объёму переработки рециклированного свинца с целью подготовки к повторному применению. Подавляющая часть такого рециклированного свинца берётся 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 (Sjardin, 2003). Для плавки аккумуляторов и другого вторичного свинцового скрапа можно использовать традиционные печи, печи Империял Смелтинг, электродуговые печи, электропечи сопротивления, реверберные печи, печи Исасмелт-Аусмелт, Квини-Шуман-Лурджи и Кивсет (Sjardin, 2003). 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 (Sjardin, 2003).

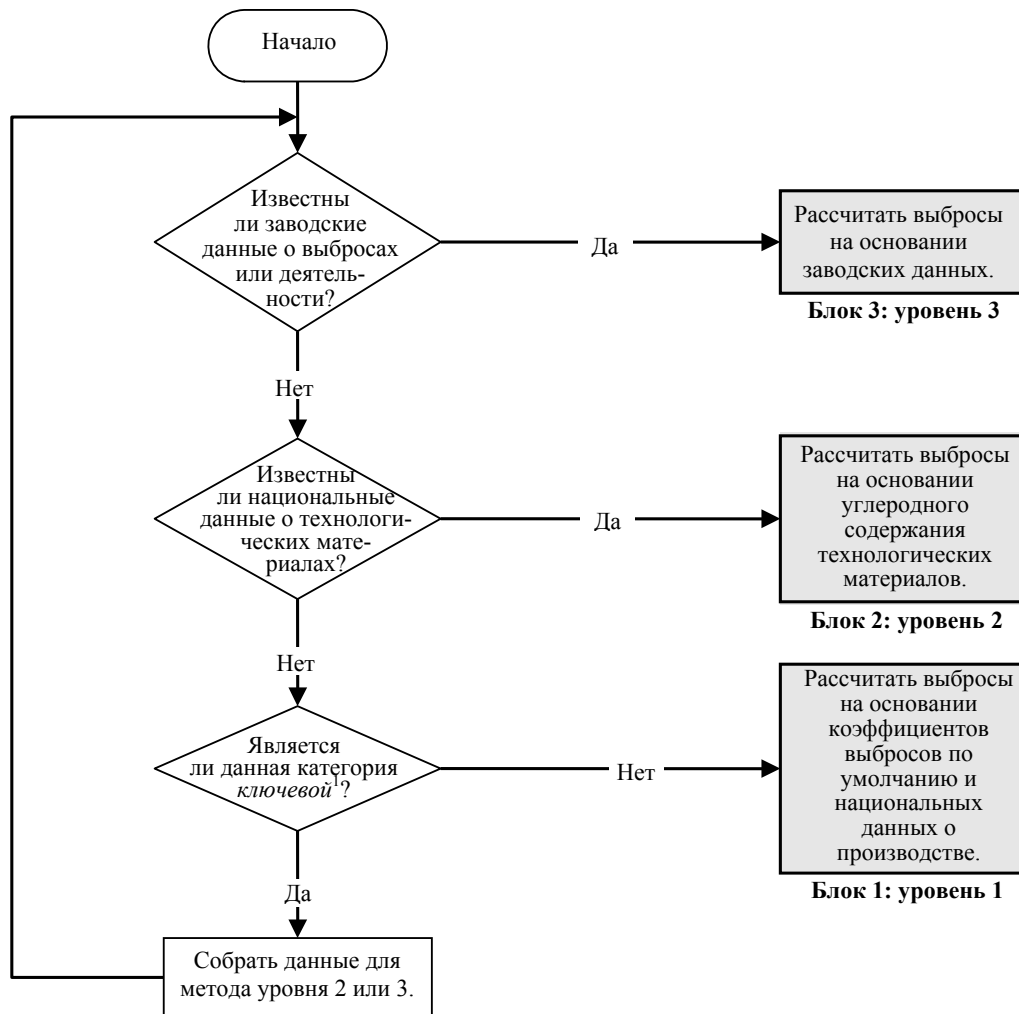
4.6.2 Вопросы методологии

4.6.2.1 ВЫБОР МЕТОДА

Руководящие принципы МГЭИК рассматривают три метода расчёта выбросов CO_2 от производства свинца. Выбор метода в *эффективной практике* зависит от национальных условий, см. схему принятия решений на рисунке 4.15. В методе уровня 1 выбросы рассчитывают исходя из национальных коэффициентов выбросов и национального производства свинца; этот метод наименее точный. Этот метод приемлем только в том случае, если производство свинца не относится к *ключевой категории*. В методе уровня 2 национальные данные о количестве материалов, перерабатываемых в процессе первичного и вторичного производства, умножают на соответствующее углеродное содержание

материалов. В методе уровня 3 используются измеренные данные о деятельности или о выбросах на уровне завода.

Рисунок 4.15 Схема принятия решений по оценке выбросов CO₂ от производства свинца



Примечания:

1. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).

МЕТОД УРОВНЯ 1

Самый простой метод расчёта состоит в умножении коэффициентов выбросов по умолчанию на количество произведенного свинца. Если известны только данные национальной статистики о производстве свинца, то в *эффективной практике* используют коэффициенты по умолчанию. Уравнение 4.32 предназначено для расчёта выбросов CO₂ 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 Империял Смелтинг или доменные печи, а остальные 20% - на способ прямой плавки в печах Кивсет, Аусмелт и Квини-Шуман-Лурджи. Это предположение согласуется с данными о мировом производстве свинца (Sjardin, 2003).

УРАВНЕНИЕ 4.32
ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА СВИНЦА

$$E_{CO_2} = DS \cdot EF_{DS} + ISF \cdot EF_{ISF} + S \cdot EF_S$$

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от производства свинца, тонны

DS = количество свинца, полученного по способу прямой плавки, тонны

EF_{DS} = коэффициент выбросов для прямой плавки, тонны CO₂/тонн продукции свинца

ISF = количество свинца, полученного по способу плавки Империл Смелтинг, тонны

EF_{ISF} = коэффициент выбросов для печи Империл Смелтинг, тонны CO₂/тонну продукции свинца

S = количество свинца, полученного из вторичных материалов, тонны

EF_S = коэффициент выбросов для вторичных материалов, тонны CO₂/тонну продукции свинца

Коэффициенты выбросов CO₂, используемые в уравнении 4.32, представлены в таблице 4.21.

МЕТОД УРОВНЯ 2

Метод уровня 2 учитывает сильную зависимость выбросов CO₂ 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 CO₂. Выбросы можно рассчитать с использованием национальных коэффициентов выбросов, которые зависят от применения восстановителей, типов печей 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 страны. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную статистику, в торгово-промышленных ассоциациях или в компаниях по выпуску свинца. Уровень 2 точнее, чем уровень 1, поскольку он учитывает не всю мировую практику, а разнообразие используемых материалов и типов печей, характерных для конкретной страны.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Если есть данные о выбросах CO₂, измеренных на отдельных предприятиях по производству свинца, то эти данные можно суммировать или использовать непосредственно для расчёта национальных выбросов CO₂ по методу уровня 3. Общие национальные выбросы равны сумме выбросов отдельных предприятий. Если заводские данные о выбросах не известны, то их можно рассчитать исходя из заводских данных об отдельных восстановителях и других технологических материалах. Чтобы добиться более высокой точности, чем точность уровня 2, в *эффективной практике* рекомендуется разработать способ оценки выбросов на уровне завода, поскольку заводы могут сильно различаться по технологии производства, особенно по типам печей. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную или энергетическую статистику, в торгово-промышленных ассоциациях, однако рекомендуется собирать и группировать данные от отдельных предприятий по выпуску свинца.

4.6.2.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

МЕТОД УРОВНЯ 1

Если известны только данные национальной статистики о производстве свинца, то в *эффективной практике* используют коэффициент по умолчанию 0,52 тонны CO₂/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 4.21. (Sjardin 2003). Неопределённость коэффициента по умолчанию высокая и меняется в зависимости от соотношения продукции, произведённой по различным способам, и от процента вторичной переработки. Кроме того, этот коэффициент подразумевает, что 80% мирового производства свинца (первичного и вторичного) приходится на печи Империл Смелтинг, а остальные 20% - на способ прямой плавки в печах Кивсет, Аусмелт и Квини-Шуман-Лурджи (Sjardin, 2003).

| ТАБЛИЦА 4.21 КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА СВИНЦА ПО ВИДАМ СЫРЬЯ И ТИПАМ ПЕЧЕЙ (тонны CO₂/тонну продукции) | | | |
|---|--|--|---|
| От производства в печи Имперал 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: (Sjardin 2003).

МЕТОД УРОВНЯ 2

Этот метод даёт возможность скорректировать коэффициенты выбросов по умолчанию с учётом заводских данных об углеродном содержании и типе печи. Значения углеродного содержания по умолчанию из таблицы 4.22 следует использовать в том случае, если составители кадастра не имеют информации об условиях производства на предприятиях по выпуску свинца, но имеют детальную информацию о технологических материалах. Значения по умолчанию в таблице 4.22 были выведены из значений по умолчанию из таблиц 1.2 и 1.3 главы 1 тома 2, и на них следует ссылаться для обеспечения более полной информации.

| 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 ¹ | 0,67 |
| Каменноугольный деготь | 0,62 |
| Кокс | 0,83 |
| Газ из камерных печей | 0,47 |
| Коксующийся уголь | 0,73 |
| Углеродные электроды ЭДП ² | 0,82 |
| Углерод шихты ЭДП ³ | 0,83 |
| Топливное масло ⁴ | 0,86 |
| Газовый кокс | 0,83 |
| Природный газ | 0,73 |
| Нефтяной кокс | 0,87 |

Источник: значения углеродного содержания представлены в таблицах 1.2 и 1.3 в главе 1 тома 2 (Энергетика).

Примечания:

¹ Для других видов битумозного угля

² При условии, что 80% составляет нефтяной кокс и 20% - каменноугольный деготь

³ Для кокса коксовой печи

⁴ Для газового/дизельного топлива

* Количество выбросов CO₂ от древесного угля можно рассчитать с использованием этого значения углеродного содержания, но в национальных кадастрах ПГ его следует указать равным 0 (см. раздел 1.2 тома 1).

МЕТОД УРОВНЯ 3

Метод уровня 3 основан на сумме оценок выбросов или на применении уровня 2 на уровне завода. Составители кадастра должны убедиться в том, что на каждом предприятии были зарегистрированы данные о коэффициентах выбросов и углеродном содержании материалов и что эти коэффициенты выбросов характерны для процессов и материалов, используемых на предприятии. Для метода уровня 3 требуется знать значения углеродного содержания и массовые расходы продукции/потребления для всех технологических материалов, а также количество материалов, перемещённых за пределы предприятия,

как в таблице 4.22. В таблице 4.22 представлены значения углеродного содержания по умолчанию; по правилам *эффективной практики* для уровня 3 следует скорректировать эти значения, чтобы они отражали заводские значения углеродного содержания. Коэффициенты по умолчанию из таблицы 4.22 пригодны для метода уровня 3 только в том случае, если заводские данные показывают, что эти коэффициенты соответствуют фактическим условиям. Считается, что для метода уровня 3 заводские данные должны включать значения углеродного содержания и удельный массовый расход продукции/потребления, следовательно, значения по умолчанию из таблицы 4.22 не будут применяться в методе уровня 3 в большинстве случаев.

4.6.2.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

МЕТОД УРОВНЯ 1

Для метода уровня 1 требуется информация только об объёмах производства свинца в стране и, по возможности, о количествах, производимых в различных типах печей. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную статистику, в торгово-промышленных ассоциациях или у компаний по выпуску свинца. Эти количества продукции в тоннах следует умножить на соответствующий коэффициент выбросов из таблицы 4.21 для оценки выбросов CO₂ 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 в стране. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную или энергетическую статистику, в торгово-промышленных ассоциациях или у компаний по выпуску свинца. Эти количества затем умножают на соответствующие значения углеродного содержания из таблицы 4.22, суммируют и получают общее количество выбросов CO₂ от этого сектора. Однако предпочтительнее собирать данные на уровне завода (уровень 3). Если это не *ключевая категория* и общепромышленные данные о восстановителях и технологических материалах не известны, то выбросы можно оценивать по методу уровня 1.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Для метода уровня 3 необходимо собрать, скомпилировать и суммировать заводские данные о выбросах или деятельности. Если данные о выбросах не известны, то для метода уровня 3 необходимо собрать данные на уровне завода и суммировать их для этого сектора. Количества восстановителей и типы печей этим способом можно определить с большей точностью. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную или энергетическую статистику, в торгово-промышленных ассоциациях, однако рекомендуется собирать и группировать данные от отдельных предприятий по выпуску свинца. Этот метод также обеспечивает дополнительную точность, поскольку отдельные компании дают более точные заводские данные и/или используют более правильные коэффициенты выбросов (отражающие углеродное содержание материалов и типы печей), которые могут отличаться от коэффициентов по умолчанию по методу уровня 2.

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.

4.6.2.5 ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Расчёт выбросов от производства свинца следует проводить с использованием одного и того же метода для каждого года временного ряда. Если нет данных для уровня 3 за какие-либо годы временного ряда, то эти пропуски следует заполнить в соответствии с руководством в главе 5 тома 1 (Согласованность временного ряда).

4.6.3 Оценка неопределённостей

Оценки неопределённостей для производства свинца вытекают в основном из неопределённостей, связанных с данными о деятельности, и, в меньшей степени, из неопределённостей, связанных с

коэффициентом выбросов. В таблице 4.23 показаны диапазоны неопределённости для коэффициентов выбросов и данных о деятельности.

4.6.3.1 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Коэффициенты выбросов по умолчанию, используемые в расчетах уровня 1, могут иметь неопределённость $\pm 50\%$. Считается, что значения углеродного содержания для уровня 2 будут иметь неопределённость $\pm 15\%$. Специфические коэффициенты выбросов для уровня 3 будут меняться в пределах 5%, если будут известны заводские данные об углеродном содержании.

4.6.3.2 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Национальные статистики о количестве продукции должны быть известны; их неопределённость предполагается на уровне $\pm 10\%$. Для метода уровня 2 неопределённость для общего количества восстановителей и других технологических материалов, используемых для производства свинца, по-видимому, будет в пределах 10%. Для уровня 3 требуется заводская информация об объемах продукции (неопределённость около 5%). Кроме того, ожидаемая неопределённость фактических данных о выбросах уровня 3 составляет $\pm 5\%$.

| Метод | Источник данных | Диапазон неопределённости |
|-----------|---|---------------------------|
| Уровень 1 | Национальные данные о производстве | $\pm 10\%$ |
| | Коэффициент выбросов по умолчанию | $\pm 50\%$ |
| | Коэффициенты выбросов для отдельных способов производства | $\pm 20\%$ |
| Уровень 2 | Количества и типы восстановителей | $\pm 10\%$ |
| | Углеродное содержание технологических материалов | $\pm 15\%$ |
| Уровень 3 | Данные о технологических материалах, полученные от компаний Заводские измерения CO ₂ Заводские коэффициенты выбросов | $\pm 5\%$ |
| | | $\pm 5\%$ |
| | | $\pm 5\%$ |

4.6.4 Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация

4.6.4.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

В *эффективной практике* контроль качества проводят на основании требований, изложенных в главе 6 тома 1, и мнения экспертов о полученных оценках выбросов. Дополнительный контроль качества согласно описанию в главе 6 тома 1 и процедуры по обеспечению качества также могут быть применены, особенно если для определения выбросов в этой категории источников используются методы более высокого уровня. Для *ключевых категорий* рекомендуется использовать более высокий уровень ОК/КК, согласно определению в главе 4 тома 1.

В дополнение к руководству в главе 6 тома 1 далее будут рассмотрены методики, относящиеся к этой категории источников.

Сравнение коэффициентов выбросов

Составители кадастра должны сравнить национальные коэффициенты суммированных выбросов с коэффициентами по умолчанию МГЭИК, чтобы выяснить, какой коэффициент применять - национальный коэффициент или коэффициент по умолчанию МГЭИК. Разницу между национальным

коэффициентам и коэффициентом по умолчанию следует объяснить и задокументировать, особенно если она отражает различные условия.

Проверка данных о деятельности на уровне предприятий

Для получения данных о деятельности на уровне предприятий необходимо проанализировать несогласованность между предприятиями, чтобы установить, причину их возникновения – ошибки, различные способы измерения или результат действительных различий в выбросах, рабочих условиях или технологии. Для производства свинца составители кадастра должны сравнить данные завода с данными других заводов.

Необходимо убедиться в том, что коэффициенты выбросов и данные о деятельности были выведены в соответствии с международно-признанными и принятыми методами измерения. Если используемые методы измерения не соответствуют этому требованию, то следует тщательно продумать возможность использования таких данных о выбросах и деятельности, кроме того, следует проанализировать оценки неопределённости и дать заключение. Если применялись высокие стандарты измерения и ОК/КК проводился на большинстве предприятий, тогда неопределённость оценок выбросов можно пересмотреть в сторону понижения.

Мнение экспертов

Составителям кадастра рекомендуется добиваться участия в экспертном процессе ключевых промышленных и торговых организаций, связанных с производством свинца. Экспертный процесс должен начинаться на ранней стадии составления кадастра, чтобы эксперты могли внести свой вклад в разработку и экспертизу методов и сбора данных.

Мнение третьей стороны может быть также полезно для этой категории источников, особенно в связи со сбором исходных данных, проведением измерений, переводом данных, расчетами и документацией.

Проверка данных о деятельности

При использовании всех уровней составители кадастра должны сверяться с требованиями тома 2 (Энергетика) чтобы гарантировать, что выбросы от восстановителей и обрабатываемых материалов (угля, кокса, природного газа и т.д.) не были учтены дважды или упущены.

Составители кадастра должны проанализировать несогласованность данных для отдельных заводов, чтобы установить, причину их возникновения – ошибки, различные способы измерения или результат действительных различий в выбросах, рабочих условиях или технологии. В частности, это относится к заводским оценкам количества восстановителя и данным об углеродном содержании технологических материалов.

Составители кадастра должны сравнить суммированные заводские оценки с показателями общего потребления технологических материалов в промышленности, если такие торговые данные известны.

4.6.4.2 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эффективная практика предусматривает документирование и архивирование всей информации необходимой для проведения кадастровых оценок национальных выбросов в соответствии с инструкцией в разделе 6.11 тома 1. Нецелесообразно включать всю документацию в национальный кадастровый отчёт. При этом кадастр должен включать резюме используемых методов и ссылки на источники данных в таком виде, чтобы оценки выбросов были прозрачными и можно было воспроизвести все расчеты.

МЕТОД УРОВНЯ 1

По правилам *эффективной практики*, помимо оценок выбросов, в отчёте должны быть отражены объёмы производства свинца различными способом и соответствующие коэффициенты выбросов.

МЕТОД УРОВНЯ 2

Эффективная практика включает документирование оценок и расчётов выбросов, всех данных о деятельности и соответствующих значений углеродного содержания, а также всех допущений и всех случаев применения скорректированных данных. Должно присутствовать чёткое объяснение связи с томом 2 (Энергетика) с тем, чтобы продемонстрировать отсутствие двойного учёта и пропуска выбросов.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Эффективная практика предусматривает документирование рассчитанных выбросов и источников всех данных с учётом требований по защите конфиденциальности данных отдельных предприятий, если эти данные составляют коммерческую тайну. Кроме того, составители кадастра должны для всех уровней задокументировать всю информацию, которая необходима для вывода оценок, а также процедуры ОК/КК.

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». Этот процесс используется для соединения обожжённого концентрата и вторичных цинковых продуктов в шихте, которая сжигается с целью удаления цинка, галогенидов, кадмия и других примесей. Образующийся агломерат с высоким содержанием оксида цинка соединяется с доменным коксом в электрической ретортной печи, в которой оксиды цинка восстанавливаются с образованием паров цинка, которые улавливает вакуумный конденсатор. Реакция восстановления сопровождается выбросами неэнергетического диоксида углерода (CO_2). Процесс электротермической дистилляции применяется в Соединённых Штатах и Японии. (Sjardin, 2003; European IPPC Bureau, 2001)

Второй способ производства цинка представляет собой пирометаллургический процесс с использованием печи Империял 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. (Sjardin, 2003; European IPPC Bureau, 2001)

Третий способ производства цинка – электролитический процесс, который относится к гидрометаллургии. В этом способе сульфид цинка кальцинируют и получают оксид цинка. Оксид цинка затем обрабатывают серной кислотой и очищают с целью удаления железных примесей, меди и кадмия. Затем цинк извлекают из раствора электролизом. Электролитический процесс не даёт неэнергетических выбросов CO_2 . (Sjardin 2003; European IPPC Bureau 2001)

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 литье цинка под давлением, без последующих стадий переработки. (Sjardin, 2003)

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. (Sjardin, 2003; European IPPC Bureau, 2001)

4.7.2 Вопросы методологии

4.7.2.1 ВЫБОР МЕТОДА

Руководящие принципы МГЭИК рассматривают несколько методов расчёта выбросов CO_2 от производства цинка. Выбор метода в *эффективной практике* зависит от национальных условий, см.

схему принятия решений на рисунке 4.16. Метод уровня 3 можно использовать в том случае, если известны заводские измерения выбросов. В методе уровня 2 применяются национальные 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 общие коэффициенты выбросов умножают на производство цинка в стране; этот метод наименее точный. 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 4.33). Если известны только данные национальной статистики о производстве цинка, то в *эффективной практике* используют коэффициенты по умолчанию. Если нет данных о материалах необходимых для расчёта выбросов по метод уровня 2, но известен тип процесса, то составители кадастра могут рассчитать выбросы по уравнению 4.34.

| |
|--|
| <p>УРАВНЕНИЕ 4.33</p> <p>ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЦИНКА – УРОВЕНЬ 1</p> $E_{CO_2} = Zn \cdot EF_{\text{по умолчанию}}$ |
|--|

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от производства цинка, тонны

Zn = количество произведённого цинка, тонны

$EF_{\text{по умолчанию}}$ = коэффициент выбросов по умолчанию, тонны CO₂/тонну продукции цинка

| |
|---|
| <p>УРАВНЕНИЕ 4.34</p> <p>ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЦИНКА – УРОВЕНЬ 1</p> $E_{CO_2} = ET \cdot EF_{ET} + PM \cdot EF_{PM} + WK \cdot EF_{WK}$ |
|---|

Где

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от производства цинка, тонны

ET = количество цинка, полученного способом электротермической дистилляции, тонны

EF_{ET} = коэффициент выбросов для электротермической дистилляции, тонны CO₂/тонну продукции цинка

PM = количество цинка, произведённого в пирометаллургическом процессе (в печи Империл Смелтинг), тонны

EF_{PM} = коэффициент выбросов для пирометаллургического процесса, тонны CO₂/тонну продукции цинка

WK = количество цинка, произведённого в вельц-печи, тонны

EF_{WK} = коэффициент выбросов для процесса вельц-печи, тонны CO₂/тонну продукции цинка

МЕТОД УРОВНЯ 2

Выбросы можно рассчитать с использованием национальных коэффициентов выбросов, которые основаны на суммарной статистике по использованию восстановителей на отдельных заводах, типам печей и другим технологическим материалам. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную или энергетическую статистику, в торгово-промышленных ассоциациях или у компаний по выпуску цинка. Уровень 2 точнее уровня 1, поскольку он учитывает не всю мировую практику, а то разнообразие материалов и типов печей, которые используются в конкретной стране.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Если есть измеренные данные о выбросах CO₂ от отдельных предприятий по выпуску цинка, то эти данные можно суммировать и использовать непосредственно для расчёта национальных выбросов CO₂ по методу уровня 3.

4.7.2.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

МЕТОД УРОВНЯ 1

Коэффициент выбросов для пирометаллургического процесса (печь Империял Смелтинг) представляет собой суммарный, взвешенный коэффициент выбросов для первичного и вторичного цинкового производства в Европе (Sjardin, 2003). Для определения коэффициентов для электротермических процессов нет необходимой информации. Коэффициент выбросов, основанный на количестве кокса, потребляемого на тонну пыли ЭДП, потребляемой в вельц-печах, был выведен в документе Viklund-White (2000) на основании материального баланса, согласно которому на каждую метрическую тонну пыли ЭДП расходуется 400 кг кокса.

| Процесс | Коэффициент выбросов | Источник |
|---|----------------------|--|
| Вельц-печь (тонны CO ₂ /тонну цинка) | 3,66 | Выведено на основании Viklund-White C. (2000), The Use of LCA for the Environmental Evaluation of the Recycling of Galvanized Steel. ISIJ International. Том 40 №. 3: 292-299. |
| Пирометаллургический (печь Империял Смелтинг) (тонны CO ₂ /тонну цинка) | 0,43 | Sjardin 2003. CO ₂ Emission Factors for Non-Energy Use in the Non-Ferrous Metal, Ferroalloys and Inorganics Industry. Copernicus Institute, Utrecht, Нидерланды. Июнь 2003. |
| Электротермический | Не известен | |
| Коэффициент по умолчанию (тонны CO ₂ /тонну цинка) | 1,72 | Коэффициент по умолчанию соответствует взвешенной доле известных коэффициентов выбросов (60% Империял Смелтинг, 40% Вельц-печь) |

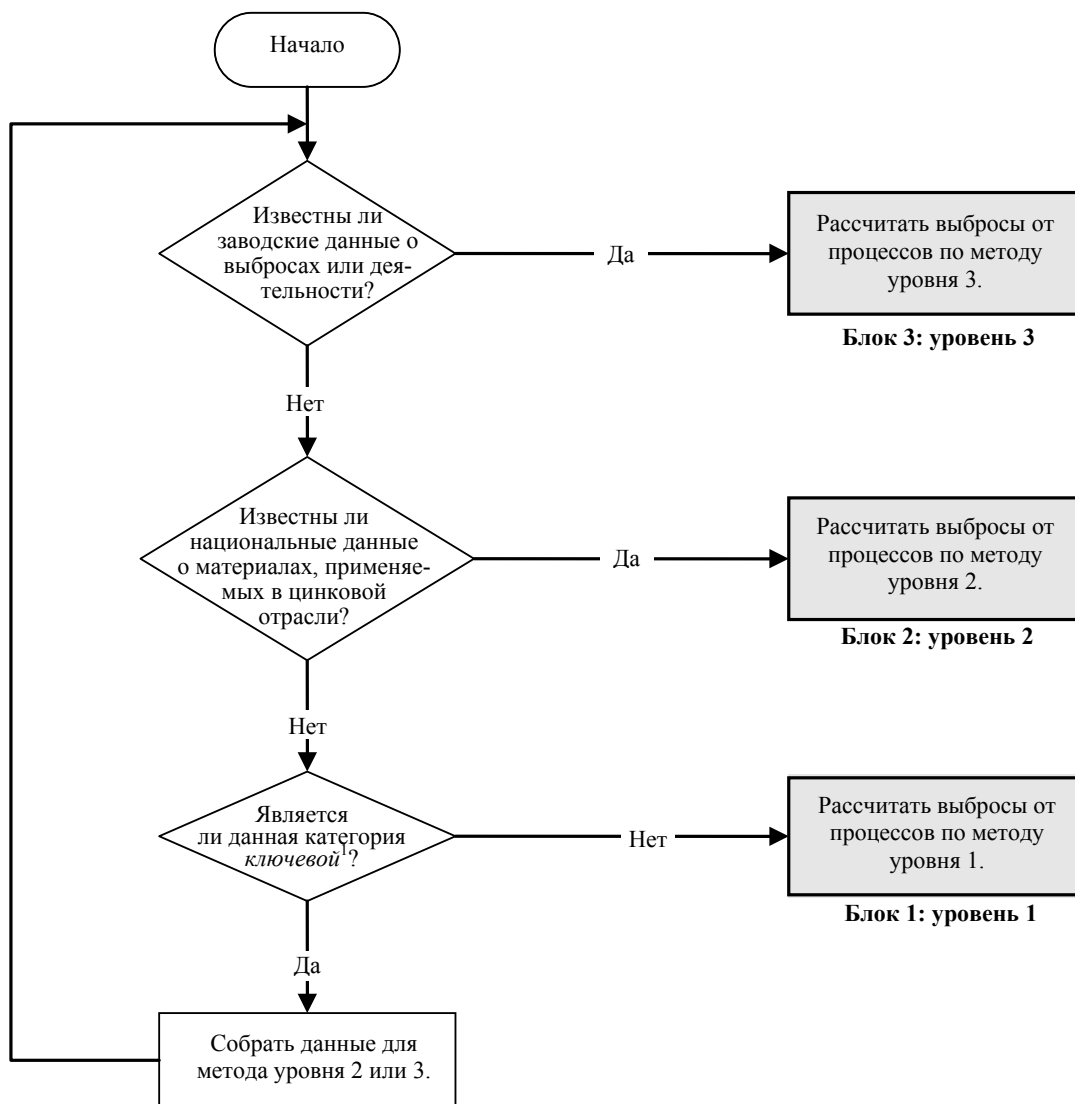
МЕТОД УРОВНЯ 2

Для метода уровня 2 необходимо знать национальный коэффициент выбросов, основанный на общем количестве восстановителей и других углеродсодержащих материалов, используемых для производства цинка в стране. Эти национальные коэффициенты выбросов можно рассчитать на основании суммы статистик отдельных заводов по количеству восстановителей, типам печей и другим технологическим материалам. Коэффициент выбросов был выведен на основании количества доменного кокса, потреблённого на тонну израсходованной пыли ЭДП: 0,4 тонны кокса/тонну израсходованной пыли ЭДП (Viklund-White, 2000). Если известны данные о деятельности, то для расчёта выбросов можно использовать коэффициент выбросов 1,23 тонны пыли ЭДП на тонну цинка. Если цинк производят из пыли ЭДП в вельц-печах, то, учитывая сложность процесса, можно предполагать, что коэффициенты выбросов будут более точными, если они выведены исходя из потребления пыли ЭДП, а не из общей продукции цинка. Это объясняется тем, что количество израсходованного восстановителя (доменного кокса) прямо зависит от количества израсходованной пыли ЭДП и содержания в ней цинка. В вельц-процессе используют весовое оборудование для контроля количества доменного кокса, подаваемого в печь (Sjardin 2003; European IPPC Bureau 2001).

4.7.2.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

МЕТОД УРОВНЯ 1

Для метода уровня 1 необходима информация только о производстве цинка в стране и, по возможности, о типе процесса. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную статистику, в торгово-промышленных ассоциациях или у компаний по выпуску цинка. Для расчёта выбросов CO₂ эти количества умножают на коэффициенты выбросов по умолчанию.

Рисунок 4.16 Схема принятия решений по оценке выбросов CO₂ от производства цинка

Примечания:

1. О *ключевых категориях* и об использовании схемы принятия решений см. главу 4 тома 1 (Методологический выбор и определение ключевых категорий) (комментарий в разделе 4.1.2 об ограниченных источниках).

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. Эти данные можно также взять в государственных учреждениях, ответственных за промышленную или энергетическую статистику, в торгово-промышленных ассоциациях или у компаний по выпуску цинка. Эти национальные коэффициенты выбросов можно затем умножить на количество продукции и получить общее количество выбросов CO₂ в этом секторе. Если это не *ключевая категория* и общеотраслевые данные о восстановителях и технологических материалах не известны, то выбросы можно оценить по методу уровня 1.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Для метода уровня 3 необходимо собрать, скомпилировать и суммировать данные о заводских измеренных выбросах, если таковые имеются. Однако можно также использовать данные о деятельности, собранные на уровне заводов, при этом коэффициенты выбросов для отдельных заводов умножают на объем продукции этих заводов. Если это не *ключевая категория* и общеотраслевые данные о восстановителях и технологических материалах не известны, то выбросы можно оценить по методу уровня 1.

4.7.2.4 ПОЛНОТА

При расчёте выбросов CO₂ 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 CO₂ от сжигания различных видов топлива для производства тепла для процессов кальцинирования, спекания, обработки кислотой, очистительной плавки и рафинирования относятся к категории выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива. Можно избежать двойного учёта, если использовать метод уровня 2 или 3. Самым большим источником двойного учёта могут стать выбросы от производства кокса, которые должны быть учтены в секторе «Энергетика» (расчёт см. в разделе 4.2).

4.7.2.5 ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Расчёт выбросов от производства цинка следует проводить с использованием одного и того же метода для каждого года временного ряда. Если нет данных для уровня 3 за какие-либо годы временного ряда, то эти пропуски следует заполнить в соответствии с руководством в главе 5 тома 1 (Общие руководящие указания и отчётность).

4.7.3 Оценка неопределённостей

Оценки неопределённостей для производства цинка вытекают в основном из неопределённостей, связанных с данными о деятельности, и, в меньшей степени, из неопределённостей, связанных с коэффициентами выбросов. В таблице 4.25 показаны диапазоны неопределённости для коэффициентов выбросов и данных о деятельности.

| Метод | Источник данных | Диапазон неопределённости |
|-----------|--|---------------------------|
| Уровень 1 | Национальные данные о производстве | ± 10% |
| | Коэффициент выбросов по умолчанию | ± 50% |
| | Коэффициенты выбросов для отдельных способов производства | ± 20% |
| Уровень 2 | Национальные данные о восстановителях и технологических материалах | ± 10% |
| | Национальные коэффициенты выбросов | ± 15% |
| Уровень 3 | Данные о технологических материалах, полученные от компаний | ± 5% |
| | Данные о заводских измерениях CO ₂ | ± 5% |
| | Заводские коэффициенты выбросов | ± 5% |

4.7.3.1 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Коэффициенты выбросов по умолчанию, используемые в расчетах уровня 1, могут иметь неопределённость ± 50%. Национальные коэффициенты выбросов уровня 2 могут иметь неопределённость ± 15%. Специфические коэффициенты выбросов для уровня 3 будут меняться в пределах 5% в том случае, если заводские данные об углеродном содержании известны.

4.7.3.2 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Национальные статистики 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%. Считается, что для уровня 3 данные о фактических выбросах имеют неопределённость ± 5%.

4.7.4 Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация

4.7.4.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

В *эффективной практике* контроль качества проводят на основании требований, изложенных в главе 6 тома 1, и мнения экспертов о полученных оценках выбросов. В дополнение к руководству в томе 1 далее будут рассмотрены методики, относящиеся к этой категории источников.

Сравнение коэффициентов выбросов

Составители кадастра должны сравнить национальные коэффициенты выбросов с коэффициентами по умолчанию МГЭИК, чтобы выяснить, какой коэффициент применять - национальный коэффициент или коэффициент по умолчанию МГЭИК. Значительную разницу между национальным коэффициентом и коэффициентом по умолчанию следует объяснить и задокументировать, особенно если она отражает различные условия.

Проверка данных о деятельности на уровне предприятий

Для получения данных о деятельности на уровне предприятий необходимо проанализировать несогласованность между предприятиями, чтобы установить, причину их возникновения – ошибки, различные способы измерения или результат действительных различий в выбросах, рабочих условиях или технологии. Для производства цинка составители кадастра должны сравнить данные завода с данными других заводов.

Необходимо убедиться в том, что коэффициенты выбросов и данные о деятельности были выведены в соответствии с международно-признанными и принятыми методами измерения. Если используемые методы измерения не соответствуют этому требованию, то использование таких данных о выбросах и деятельности должно быть тщательно продумано, а также должны быть пересмотрены оценки неопределённости и дано заключение. Если применялись высокие стандарты измерения, и ОК/КК проводился на большинстве предприятий, тогда неопределённость оценок выбросов можно пересмотреть в сторону понижения.

Заключение экспертов

Составителям кадастра рекомендуется добиваться участия в экспертном процессе ключевых промышленно-торговых организаций, связанных с производством цинка. Экспертный процесс должен начинаться на ранней стадии составления кадастра, чтобы эксперты могли внести свой вклад в разработку и экспертизу методов и сбора данных.

Мнение третьей стороны может быть также полезно для этой категории источников, особенно в связи со сбором исходных данных, проведением измерений, переводом данных, расчетами и документацией.

Проверка данных о деятельности

Для всех уровней оценки составители кадастра должны гарантировать, что выбросы от восстановителей и обрабатываемых материалов (угля, кокса, природного газа и т.д.) не были упущены или учтены дважды как энергетические выбросы.

Составители кадастра должны проанализировать несогласованность данных для отдельных заводов, чтобы установить, причину их возникновения – ошибки, различные способы измерения или результат действительных различий в выбросах, рабочих условиях или технологии. В частности, это относится к заводским оценкам количества восстановителя и данным об углеродном содержании технологических материалов.

Составители кадастра должны сравнить суммированные заводские оценки с показателями общего потребления технологических материалов в промышленности, если такие торговые данные известны.

4.7.4.2 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эффективная практика предусматривает документирование и архивирование всей информации необходимой для проведения кадастровых оценок национальных выбросов в соответствии с инструкцией в разделе 6.11 тома 1. Нецелесообразно включать всю документацию в национальный кадастровый отчёт.

При этом кадастр должен включать резюме используемых методов и ссылки на источники данных в таком виде, чтобы оценки выбросов были прозрачными и можно было воспроизвести все расчеты.

МЕТОД УРОВНЯ 1

В *эффективной практике*, помимо оценок выбросов, отчет должен содержать данные о производстве цинка по различным способам и соответствующие коэффициенты выбросов.

МЕТОД УРОВНЯ 2

Эффективная практика включает документирование оценок и расчетов выбросов, всех данных о деятельности и соответствующих коэффициентов выбросов, а также всех допущений и всех случаев применения поправочных коэффициентов.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Эффективная практика предусматривает документирование рассчитанных выбросов и источников всех данных, с учётом требований по защите конфиденциальности данных отдельных предприятий, если эти данные составляют коммерческую тайну. Кроме того, составители кадастра должны задокументировать для всех уровней всю информацию, которая необходима для расчетов, а также процедуры ОК/КК.

Ссылки**РАЗДЕЛ 4.2**

- EEA (2005). EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook – 2005, European Environment Agency, Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005). См. <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR4/en>
- European IPPC Bureau (2001). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, December 2001. <http://eippcb.jrc.es/pages/FAactivities.htm>
- International Iron and Steel Institute (2004). Steel Statistical Yearbook 2004: International Iron and Steel Institute, COMMITTEE ON ECONOMIC STUDIES, Brussels.
- Pipatti, R. (2001). Greenhouse Gas Emissions and Removals in Finland, Report No. 2094, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2001. <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2094.pdf>
- Schoenberger, H. (2000). European Conference on “The Sevilla Process: A Driver for Environmental Performance in Industry” Stuttgart, 6 and 7 April 2000, BREF on the Production of Iron and Steel - conclusion on BAT, Dr. Harald Schoenberger, Regional State Governmental Office Freiburg, April 2000.

РАЗДЕЛ 4.3

- FFF (2000). The Norwegian Ferroalloy Producers Research Association, “Emission factors standardized at meeting”, Oslo 2000.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- Lindstad, T. (2004). ‘CO₂ Emissions from the Production of Silicon Alloys’, STF80A04019, SINTEF, Trondheim 2004.
- Olsen, S.E., Monsen, B.E. and Lindstad, T. (1998). ‘CO₂ Emissions from the Production of Manganese and Chrome Alloys in Norway’, Electric Furnace Conference Proceedings Vol. 56, Iron & Steel Society, Warrendale PA 1998, pp 363-369.
- Olsen, S.E. (2004). ‘CO₂ Emissions from the Production of Manganese Alloys in Norway’, STF80A04010, SINTEF, Trondheim 2004.

РАЗДЕЛ 4.4

- IAI (2000). International Aluminium Institute, International Aluminium Institute (2000) ‘Life Cycle Assessment of Aluminium’
- IAI (2001). International Aluminium Institute, Perfluorocarbon Emissions Reduction Programme 1990 - 2000, 2001, available at <http://www.world-aluminium.org/iai/publications/documents/pfc2000.pdf>.
- IAI (2005a). International Aluminium Institute, The Aluminium Sector Greenhouse Gas Protocol, http://www.world-aluminium.org/environment/climate/ghg_protocol.pdf, 2005.
- IAI (2005b). International Aluminium Institute, survey on composition of production materials, 2005 (неопубликованное)
- IAI (2005c). International Aluminium Institute, Annual Anode Effect Survey 2003, www.world-aluminium.org, 2005.
- U.S. EPA and IAI (2003), U.S. Environmental Protection Agency and International Aluminium Institute, USEPA/IAI Protocol for Measurement of PFCs from Primary Aluminium Production, EPA 43-R-03-006, May 2003.

РАЗДЕЛ 4.5

- Bartos, S., Kantamaneni, R., Marks, J. and Laush, C. (2003). "Measured SF₆ Emissions from Magnesium Die Casting Operations," Magnesium Technology 2003, Proceedings of The Minerals, Metals & Materials Society (TMS) Conference, March 2003.
- Gjestland, H. and Magers, D. (1996). "Practical usage of sulphur hexafluoride for melt protection in the magnesium die casting industry" Proceedings of the 53rd International Magnesium Conference, 1996, Ube City, Japan
- IPCC (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- Milbrath, D. (2002). "Development of 3M™ Novec™ 612 Magnesium Protection Fluid as a Substitute for SF₆ Over Molten Magnesium," International Conference on SF₆ and the Environment: Emission Reduction Technologies, November 21-22, 2002, San Diego, CA.
- Tranell, G and Engh, T.A. (2004). "Alternatives to SF₆ for the Magnesium Processor – A Technical, Environmental and Economic Assessment", Proceedings of the 61st Annual International Magnesium Association Conference, May 2004, New Orleans, LA, USA.

РАЗДЕЛ 4.6

- DOE (2002). Mining Industry of the Future: Energy and Environmental Profile of the U.S. Mining Industry. Prepared by BCS, Inc for the U.S. Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, December 2002.
- LDA (2002). Technical Notes: Primary Extraction of Lead., Lead Development Association International. Internet: <http://www.ldaint.org/technotes1.htm>
- Metallurgical Industry (1995). AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 12, <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/index.html>
- Sjardin, M. (2003). CO₂ Emission Factors for Non-Energy Use in the Non-Ferrous Metal, Ferroalloys and Inorganics Industry. Copernicus Institute, Utrecht, Netherlands, June 2003.

РАЗДЕЛ 4.7

- European IPPC Bureau (2001). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Non Ferrous Metals Industries, December 2001. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>
- Sjardin, M. (2003). CO₂ Emission Factors for Non-Energy Use in the Non-Ferrous Metal, Ferroalloys and Inorganics Industry. Copernicus Institute, Utrecht, The Netherlands, June 2003.
- Viklund-White C. (2000). The Use of LCA for the Environmental Evaluation of the Recycling of Galvanized Steel. *ISIJ International*. Volume 40 No. 3: 292-299.