

ГЛАВА 2

ВЫБРОСЫ ОТ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Авторы

Лиза Хэнли (США)

Педро Малдонадо (Чили), Эичи Онума (Япония), Милош Тичи (Чешская Республика) и Хендрик Г. ван Осс (США)

Сотрудничающие авторы

Виктор О. Ауме (США), Георг Х. Эдвардс (США) и М. Майкл Миллер (США)

Содержание

2	Выбросы от производства минеральных материалов	2.6
2.1	Введение.....	2.6
2.2	Производство цемента	2.7
2.2.1	Вопросы методологии.....	2.7
2.2.1.1	Выбор метода	2.8
2.2.1.2	Выбор коэффициентов выбросов	2.12
2.2.1.3	Выбор данных о деятельности	2.14
2.2.1.4	Полнота.....	2.16
2.2.1.5	Формирование согласованного временного ряда	2.17
2.2.2	Оценка неопределённостей	2.17
2.2.2.1	Неопределённости коэффициентов выбросов	2.18
2.2.2.2	Неопределённости данных о деятельности	2.18
2.2.3	Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация.....	2.20
2.2.3.1	Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК).....	2.20
2.2.3.2	Отчетность и документация.....	2.21
2.3	Производство извести.....	2.21
2.3.1	Вопросы методологии.....	2.21
2.3.1.1	Выбор метода	2.22
2.3.1.2	Выбор коэффициентов выбросов	2.24
2.3.1.3	Выбор данных о деятельности	2.26
2.3.1.4	Полнота.....	2.27
2.3.1.5	Разработка согласованного временного ряда.....	2.28
2.3.2	Оценка неопределённостей	2.28
2.3.2.1	Неопределённости коэффициентов выбросов	2.28
2.3.2.2	Неопределённости данных о деятельности	2.29
2.3.3	Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация.....	2.29
2.3.3.1	Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК).....	2.29
2.3.3.2	Отчетность и документация.....	2.30
2.4	Производство стекла	2.30
2.4.1	Вопросы методологии.....	2.30
2.4.1.1	Выбор метода	2.31
2.4.1.2	Выбор коэффициентов выбросов	2.33
2.4.1.3	Выбор данных о деятельности	2.34
2.4.1.4	Полнота.....	2.35
2.4.1.5	Разработка согласованного временного ряда.....	2.35
2.4.2	Оценка неопределённостей	2.35
2.4.2.1	Неопределённости коэффициентов выбросов	2.35

2.4.2.2	Неопределённости данных о деятельности.....	2.35
2.4.3	Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация.....	2.36
2.4.3.1	Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК).....	2.36
2.4.3.2	Отчетность и документация.....	2.36
2.5	Другие процессы с использованием карбонатов.....	2.36
2.5.1	Вопросы методологии.....	2.36
2.5.1.1	Выбор метода.....	2.38
2.5.1.2	Выбор коэффициентов выбросов.....	2.41
2.5.1.3	Выбор данных о деятельности.....	2.41
2.5.1.4	Полнота.....	2.42
2.5.1.5	Разработка согласованного временного ряда.....	2.44
2.5.2	Оценка неопределённостей.....	2.44
2.5.2.1	Неопределённости коэффициентов выбросов.....	2.44
2.5.2.2	Неопределённости данных о деятельности.....	2.44
2.5.3	Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК), отчётность и документация.....	2.45
2.5.3.1	Обеспечение качества/контроль качества (ОК/КК).....	2.45
2.5.3.2	Отчетность и документация.....	2.45
Ссылки	2.46

Уравнения

Уравнение 2.1	Уровень 1: оценка выбросов, на основании производства цемента.....	2.9
Уравнение 2.2	Уровень 2: оценка выбросов на основании данных о производстве клинкера.....	2.9
Уравнение 2.3	Уровень 3: расчёт выбросов на основании загрузки карбонатного сырья в обжиговую печь.....	2.11
Уравнение 2.4	Коэффициент выбросов для клинкера.....	2.12
Уравнение 2.5	Поправочный коэффициент для ЦП, не возвращённой в обжиговую печь.....	2.13
Уравнение 2.6	Уровень 2: выбросы, рассчитанные на основании национальных данных о производстве извести по типам извести.....	2.23
Уравнение 2.7	Уровень 3: выбросы, рассчитанные на основе загрузки карбонатов.....	2.24
Уравнение 2.8	Уровень 1: коэффициент выбросов по умолчанию для производства извести.....	2.25
Уравнение 2.9	Уровень 2: коэффициенты выбросов для производства извести.....	2.26
Уравнение 2.10	Уровень 1: расчёт выбросов по производству стекла.....	2.31
Уравнение 2.11	Уровень 2: расчёт выбросов с учётом технологии производства стекла.....	2.33
Уравнение 2.12	Уровень 3: расчёт выбросов на основании загрузки карбонатов.....	2.33
Уравнение 2.13	Уровень 1: коэффициент выбросов по умолчанию для производства стекла.....	2.33
Уравнение 2.14	Уровень 1: расчёт выбросов по массе потреблённых карбонатов.....	2.38
Уравнение 2.15	Уровень 2: метод расчёта для других процессов с использованием карбонатов.....	2.39
Уравнение 2.16	Уровень 3: метод расчёта на основании загрузки карбонатов для других процессов с использованием карбонатов.....	2.40

Рисунки

Рисунок 2.1	Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от производства цемента.....	2.10
Рисунок 2.2	Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от производства извести	2.23
Рисунок 2.3	Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от производства стекла.....	2.32
Рисунок 2.4	Схема принятия решений по оценке выбросов CO ₂ от других процессов с использованием карбонатов	2.40

Таблицы

Таблица 2.1	Формулы, молекулярные веса и содержание диоксида углерода для основных видов карбонатов*	2.7
Таблица 2.2	Доля клинкера в смешанном цементе ‘Recipes’ и общем ассортименте продуктов (на основании стандартов США ASTM C-150 и C-595; данные для США могут быть использованы в качестве примера для других стран).....	2.15
Таблица 2.3	Значения неопределённости по умолчанию для производства цемента	2.19
Таблица 2.4	Основные параметры для расчёта коэффициентов выбросов от производства извести	2.25
Таблица 2.5	Значения неопределённости по умолчанию для расчёта выбросов CO ₂ от производства извести	2.29
Таблица 2.6	Коэффициенты выбросов по умолчанию и пропорции стеклобоя для различных типов стекла	2.34
Таблица 2.7	Карбонаты, дающие и не дающие выбросы при их использовании	2.42

2 ВЫБРОСЫ ОТ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1 ВВЕДЕНИЕ

В этой главе рассмотрены методы оценки выбросов диоксида углерода (CO₂) от использования карбонатного сырья в производстве и от использования различных минеральных материалов. Есть два основных способа высвобождения CO₂ из карбонатов: кальцинирование и выделение CO₂ в реакции с кислотой. Главный процесс, приводящий к высвобождению CO₂ – это кальцинирование карбонатов, в ходе которого, при нагревании, образуется оксид металла. Типичная реакция кальцинирования на примере ископаемого кальцита или карбоната кальция выглядит так:



А это пример реакции с кислотой, в результате которой выделяется CO₂:



Этот процесс используется во многих отраслях промышленности, но обычно в реакциях с кислотой, проводимых с целью очистки некарбонатного материала, карбонат присутствует в небольших количествах (как примесь). Например, при обработке фосфатных руд серной кислотой с целью получения фосфорной кислоты концентрат фосфата, который обрабатывают кислотой, может включать небольшой процент карбонатных минералов. В целом количество CO₂, которое выделяется при обработке кислотой этих карбонатных примесей, невелико. Поэтому главное внимание в этой главе будет уделено выбросам от кальцинирования карбонатных материалов. Несмотря на то, что процесс высвобождения выбросов при кальцинировании аналогичен для всех категорий производства минеральных материалов и, можно выделить три категории источника по их относительно большому вкладу в глобальные выбросы. Это категории источников: производство цемента, производство извести и производство стекла. Помимо этих трёх категорий источников в этой главе рассмотрены выбросы от использования карбонатов в других отраслях, включая производство керамики, кальцинированной соды и неметаллургическое производство магнезии.

Известняк и другие карбонатные материалы потребляют также другие отрасли, не включённые в эту главу. Примеры включают использование карбонатов в качестве флюсов¹ и шлакообразователей², при выплавке и очистке металлов (например, при производстве чугуна и стали и основных металлов, таких как медь) и в качестве сырья для химической промышленности (например, для производства удобрений). Методы оценки выбросов от использования карбонатов, рассмотренные в этой главе, применимы также к этим другим отраслям. По правилам *эффективной практики* выбросы от использования известняка, доломита и других карбонатов относят к той категории промышленных источников, где они происходят (например, к сталелитейной промышленности).

Методики оценки выбросов, описанные далее (как и во всём томе 3 «Промышленные процессы и использование продуктов» (ППИП)), рассматривают только выбросы, связанные с процессами, и не рассматривают выбросы, связанные с энергией. Составители кадастра должны учитывать энергетические выбросы от этих производств в секторе «Энергетика», не допуская двойного учёта выбросов и в секторе «Энергетика» и в секторе ППИП. Например, расчёт выбросов CO₂ от топлива, потреблённого при производстве цемента, следует учитывать как сжигание ископаемого топлива и как сжигание отходов, используемых в качестве топлива (шины, отработанные масла, краски и т.д.). Эти связанные со сжиганием выбросы, тем не менее, должны быть отнесены к энергетическим выбросам, а не к ППИП (куда относятся только выбросы от кальцинирования).

¹ Флюсы – это сырьевые материалы, такие как известняк, доломит, известь и кварцевый песок, которые используются для снижения потребления тепла и для других энергетических требований при термической обработке минерального сырья (например, при плавке металлов). Флюсы могут иметь вторую функцию – функцию шлакообразователя.

² Шлак – это силикатный расплавленный остаток, получаемый целенаправленно при плавлении металлических руд либо в последующих печах (например, в сталеплавильных) при добавлении шлакообразователя (обычно известь, известняк и/или доломит). Шлак содержит самую большую часть нелетучих примесей, перешедших из руды, а также компоненты производные от флюса, добавляемого в плавильный процесс.

Несмотря на то, что метан (CH_4) и закись азота (N_2O) могут выделяться из тех же категорий производства минеральных материалов, согласно современным научным данным эти выбросы считаются весьма незначительными и поэтому не рассматриваются в этой главе. Выбросы CO_2 могут сопровождать и другие виды деятельности, связанные с ископаемым сырьём, которые здесь не названы; там, где такие виды деятельности известны и могут быть оценены, они должны быть включены в кадастр.

Категории источников в этой главе рассмотрены с позиций общего подхода к методологическим уровням. Уровни 1 и 2 основаны на оценке потреблённого сырья или произведённого продукта, а также на коэффициентах выбросов, которые показывают количество выделившегося CO_2 на единицу массы. Уровень 3 включает прямые расчёты, основанные на химии сырьевых материалов, характерных для местных условий. Если используются данные о сырьевых материалах, характерных для местных условий, то крайне важно, чтобы были учтены все источники карбонатов из числа сырьевых материалов и топлива (а не только известняк). Основные расчёты выбросов для всех отраслей, использующих карбонаты, одинаковы. Они основаны на отношении молекулярного веса карбоната и молекулярного веса CO_2 , которые для удобства представлены в таблице 2.1 далее.

Карбонат	Название минерала	Молекулярный вес	Коэффициент выброса (тонны CO_2 /тонну карбоната)**
CaCO_3	Кальцит*** или арагонит	100,0869	0,43971
MgCO_3	Магнезит	84,3139	0,52197
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Доломит***	184,4008	0,47732
FeCO_3	Сидерит	115,8539	0,37987
$\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg},\text{Mn})(\text{CO}_3)_2$	Анкерит****	185,0225–215,6160	0,40822–0,47572
MnCO_3	Родохрозит	114,9470	0,38286
Na_2CO_3	Карбонат натрия или кальцинированная сода	106,0685	0,41492

Источник: CRC Handbook of Chemistry and Physics (2004)

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

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

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

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

2.2 ПРОИЗВОДСТВО ЦЕМЕНТА

2.2.1 Вопросы методологии

При производстве цемента CO_2 образуется в процессе получения клинкера - зернистого промежуточного продукта, который затем тонко измельчают вместе с небольшой пропорцией сульфата кальция [гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) или ангидрита (CaSO_4)] и получают гидравлический цемент (обычно портланд). В процессе производства клинкера известняк, который преимущественно состоит из карбоната (CaCO_3), нагревают (или кальцинируют) и получают известь (CaO) и побочный продукт CO_2 . CaO затем взаимодействует с оксидом кремния (SiO_2), оксидом алюминия (Al_2O_3) и оксидом железа (Fe_2O_3) сырьевых материалов с образованием клинкерных минералов (главным образом, силикатов кальция). Пропорция карбонатов, отличных от CaCO_3 , в составе сырья, как правило, очень мала. Другие карбонаты (если они присутствуют) являются в основном примесями известняка. Присутствие небольшого количества MgO (обычно 1-2%) в клинкерном процессе полезно, поскольку он работает как флюс, но более высокие количества могут приводить к проблемам с цементом (van Oss и Padovani, 2002). Цемент можно изготавливать (молоть) целиком из импортного клинкера, в этом случае можно считать, что цементное предприятие даёт нулевые выбросы CO_2 , связанные с процессом. В разделе 2.2.1.2 было отмечено, что цементная пыль (ЦП) может образовываться в процессе изготовления клинкера. Оценка выбросов должна учитывать выбросы, связанные с ЦП.

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

2.2.1.1 ВЫБОР МЕТОДА

Схема принятия решений на рисунке 2.1 отражает *эффективную практику* по выбору наилучшего метода с учётом национальных условий. В методе уровня 1 оценка выбросов основана на оценке объёмов производства клинкера, которая выводится исходя из объёмов производства цемента с коррекцией на импорт и экспорт клинкера. Оценка выбросов на основании только объёмов производства цемента (т.е. применение коэффициента выбросов прямо к количеству выпущенного цемента без предварительной оценки производства клинкера) не приемлема в *эффективной практике*, поскольку не учитывает импорт и экспорт клинкера.

В уровне 2 выбросы оценивают исходя из объёмов производства клинкера (но не из объёмов производства цемента, выведенных исходя из объёмов производства цемента) и национального или принятого по умолчанию коэффициента выбросов. В методе уровня 3 делают расчёт на основании весов и составов всех карбонатных составляющих всех сырьевых и топливных источников, коэффициентов выбросов карбонатов и достигнутой степени кальцинирования. В методе уровня 3 используются данные для конкретных заводов. Если составитель кадастра считает, что данные на уровне завода ненадёжные или сомнительные, то в *эффективной практике* используют уровень 2.

Для уровней 2 и 3 следует также вносить поправку на ЦП. Уровень 2 включает дополнительную поправку на выбросы, связанные с ЦП, не возвращаемой в обжиговую печь. В уровне 3 также следует учитывать ЦП. В уровне 3 (в отличие от уровня 2) выбросы, относимые к некальцинированной ЦП, не возвращаемой в печь, должны вычитаться из общей оценки выбросов. Если на предприятии установлена и используется технология улавливания CO_2 , то в *эффективной практике* следует вычитать количество улавливаемого CO_2 в расчётах выбросов более высокого уровня. По умолчанию считается, что CO_2 не улавливается и не размещается на хранение. Любая методика, которая учитывает улавливание CO_2 , должна принимать во внимание, что выбросы CO_2 улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с технологическим процессом. Если необходимо проводить отдельный учёт выбросов от промышленных процессов и от сжигания (например, для производства цемента), то составители кадастра должны гарантировать, что одни и те же количества CO_2 не были учтены дважды. В таких случаях общее количество улавливаемого CO_2 лучше указывать в соответствующих категориях сжигания топлива и категориях источников ПШИП пропорционально количеству CO_2 , произведённым в этих категориях источников. Дополнительную информацию об улавливании и хранении CO_2 см. в разделе 1.2.2 тома 3; более детальная информация об улавливании и хранении представлена в разделе 2.4.4 тома 2.

МЕТОД УРОВНЯ 1: ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА КЛИНКЕРА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТА

Как было отмечено выше, расчёт выбросов CO_2 прямо из объёмов производства цемента (т.е. с использованием постоянного коэффициента выбросов, привязанного к цементу) не приемлем в *эффективной практике*. При отсутствии данных о загрузке карбоната или национальных данных о производстве клинкера, для оценки производства клинкера можно использовать данные о производстве цемента, учитывая при этом количества и типы произведённого цемента и содержание в нём клинкера и делая поправку на импорт и экспорт клинкера. Учёт импорта и экспорта клинкера очень важен для оценки выбросов от этого источника. Выбросы от производства импортного клинкера не должны включаться в национальную оценку выбросов, поскольку эти выбросы были произведены и учтены в другой стране. Аналогично, выбросы от клинкера, который был полностью экспортирован, должны быть включены в национальную оценку той страны, где этот клинкер был произведён. Затем применяется коэффициент выбросов клинкера, и выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению 2.1.

УРАВНЕНИЕ 2.1
УРОВЕНЬ 1: ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ, НА ОСНОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА

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

Где

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства цемента, тонны

M_{ci} = вес (масса) произведённого цемента³ типа i , тонны

C_{cli} = фракция клинкера в цементе типа i , дробь

Im = импорт клинкера для потребления, тонны

Ex = экспорт клинкера, тонны

EF_{clc} = коэффициент выбросов для клинкера в конкретном цементе, тонны CO_2 /тонну клинкера
Коэффициент выбросов для клинкера, принятый по умолчанию, (EF_{clc}), скорректирован на ЦП.

МЕТОД УРОВНЯ 2: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О ПРОИЗВОДСТВЕ КЛИНКЕРА

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

УРАВНЕНИЕ 2.2
УРОВЕНЬ 2: ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ О ПРОИЗВОДСТВЕ КЛИНКЕРА

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

Где

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства цемента, тонны

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

EF_{cl} = коэффициент выбросов для клинкера, тонны CO_2 /тонну клинкера (см. далее обсуждение в разделе 2.2.1.2 «Выбор коэффициентов выбросов» для уровней 1 и 2). Этот коэффициент выбросов для клинкера (EF_{clc}) не скорректирован на ЦП.

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

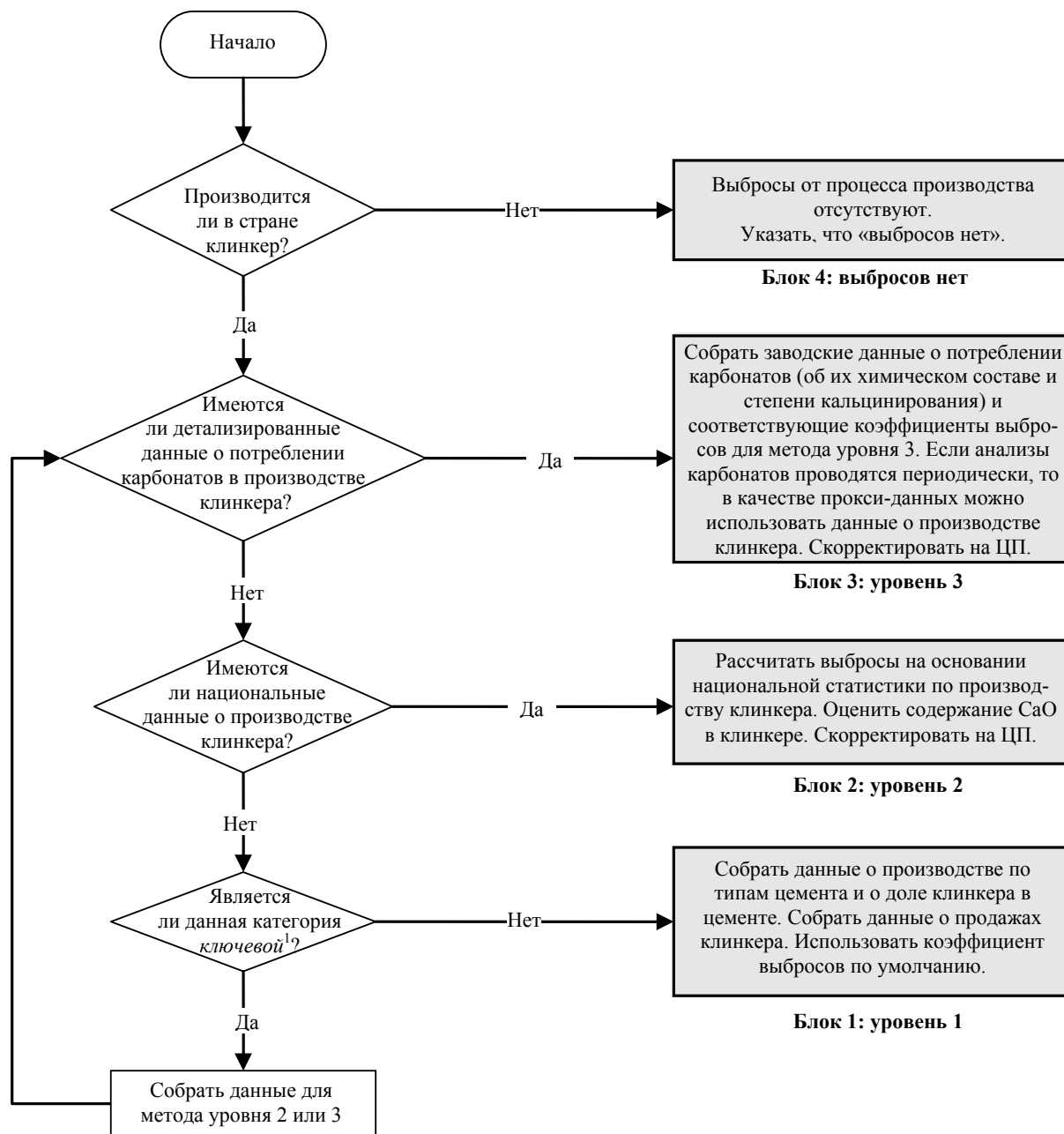
Метод уровня 2 основывается на следующих допущениях относительно производства цемента и клинкера:

1. Преобладающую часть гидравлического цемента составляет портланд-цемент или аналогичный цемент, для которого требуется клинкер портланд-цемента.
2. Содержание СаО в составе клинкера строго ограничено, а содержание MgO очень низкое.
3. Заводы, как правило, могут контролировать в жёстких пределах содержание СаО в загрузке сырья и в клинкере.
4. Даже если для завода выпуск клинкера рассчитывают, а не измеряют напрямую, то несмотря на это, по данным аудита обычно наблюдается хорошее соответствие между этими двумя результатами.
5. Содержание СаО в клинкере, выпущенном на конкретном заводе, практически не меняется на протяжении многих лет.

³ В некоторых статистических сборниках производство цемента приравнивают к среднему значению производства цемента плюс экспорт клинкера. Если это так, то в *эффективной практике* необходимо вычесть экспорт клинкера из множителя M_{ci} в уравнении 2.1.

6. Основным источником CaO для большинства заводов является CaCO₃, и можно легко определить количества любых некарбонатных источников CaO, по крайней мере, на уровне завода (см. раздел 2.2.1.2 далее).
7. При производстве клинкера достигается 100%-ное (или очень близкое к 100%) кальцинирование исходного карбонатного материала, включая (обычно в меньшей степени) материальную потерю в системе в виде ЦП, не возвращаемой в процесс.
8. Заводские пылесборники очень хорошо улавливают всю ЦП, однако этот материал не обязательно возвращается в обжиговую печь.

Рисунок 2.1 Схема принятия решений по оценке выбросов CO₂ от производства цемента



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 3: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О КАРБОНАТАХ ЗАГРУЗКИ

Уровень 3 основан на сборе разгруппированных данных по типам (составам) и количествам карбонатов, израсходованных для производства клинкера, а также на соответствующих коэффициентах выбросов израсходованных карбонатов. После чего выбросы рассчитывают по уравнению 2.3. Метод уровня 3 включает коррекцию в виде вычитания всего некальцинированного карбоната в составе ЦП, не возвращённой в обжиговую печь. Если ЦП полностью кальцинирована или если она полностью возвращена в обжиговую печь, то поправочный коэффициент на ЦП превращается в ноль. Уровень 3 считается *эффективной практикой* в тех случаях, когда у составителей кадастра нет данных о некальцинированной ЦП. Однако исключение некальцинированной ЦП может дать немного завышенные показатели выбросов.

Известняк и сланцы (сырьё) могут также содержать органический углерод (кероген), а другие виды сырья (например, зольная пыль) могут включать углеродные остатки, которые при сжигании будут давать дополнительный CO₂. Эти выбросы обычно не учитываются в секторе «Энергетика», но, при условии их широкого использования, составители кадастра должны выяснить, не были ли они учтены в секторе «Энергетика». Однако в настоящее время слишком мало данных о содержании керогена или углерода в нетопливных сырьевых материалах, используемых в производстве минеральных материалов, чтобы установить адекватное значение по умолчанию для среднего содержания керогена в сырьевых материалах, рассмотренных в этой главе. При расчётах на уровне заводов (уровень 3) по количеству сырья с высоким содержанием керогена (т.е. кероген даёт более 5% общего тепла) по правилам *эффективной практики* вклад керогена включают в показатели выбросов.

Метод уровня 3, по-видимому, будет иметь практическое значение только для отдельных заводов и стран, где имеется доступ к детальной информации о карбонатном сырье на уровне заводов. Данные о выбросах, собранные на уровне заводов, затем следует сгруппировать для оценки выбросов в масштабах страны. Проводить частые расчеты выбросов на основании прямого анализа карбонатов может быть чересчур обременительно для некоторых заводов. Если достаточно часто проводится детальный химический анализ загрузки карбонатов с целью установления корреляции между количеством потреблённых карбонатов на уровне завода и количеством произведённого клинкера, то, в переходный период, для расчёта выбросов вместо карбонатов могут быть использованы показатели производства клинкера. Это значит, что завод может вывести строго определённый коэффициент выбросов для заводского клинкера на основании периодической калибровки по отношению к загрузке карбонатов.

УРАВНЕНИЕ 2.3
УРОВЕНЬ 3: РАСЧЁТ ВЫБРОСОВ НА ОСНОВАНИИ ЗАГРУЗКИ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ В ОБЖИГОВУЮ ПЕЧЬ

$$\text{Выбросы CO}_2 = \underbrace{\sum_i (EF_i \cdot M_i \cdot F_i)}_{\text{Выбросы от карбонатов}} - \underbrace{M_d \cdot C_d \cdot (1 - F_d)}_{\text{Выбросы от некальц. ЦП, не возвращённой в печь}} + \underbrace{\sum_k (M_k \cdot X_k \cdot EF_k)}_{\text{Выбросы от углеродсодержащих нетопливных материалов}}$$

Где

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от производства цемента, тонны

EF_i = коэффициент выбросов для карбоната *i*, тонны CO₂/тонну карбоната (см. таблицу 2.1)

M_i = вес или масса карбоната *i*, израсходованного в обжиговой печи, тонны

F_i = степень кальцинирования карбоната *i*, дробь^a

M_d = вес или масса ЦП, не возвращённой в обжиговую печь (= «потери» ЦП), тонны

C_d = весовая доля исходного карбоната в составе ЦП, не возвращённой в обжиговую печь, дробь^b

F_d = степень кальцинирования ЦП, не возвращённой в обжиговую печь, дробь^a

EF_d = коэффициент выбросов для некальцинированного карбоната в составе ЦП, не возвращённой в обжиговую печь, тонны CO₂/тонну карбоната^b

M_k = вес или масса органического или другого углеродсодержащего нетопливного сырьевого материала k , тонны^c

X_k = часть общего органического или другого углерода в составе нетопливного сырьевого материала k , дробь^c

EF_k = коэффициент выбросов для кероген-содержащего (или другого углеродсодержащего) нетопливного сырьевого материала k , тонны CO_2 /тонну карбоната^c

Примечания о значениях по умолчанию в уравнении 2.3:

- a: Степень кальцинирования: при отсутствии фактических данных можно полагать, что при температурах и временах нахождения в цементной (клинкерной) обжиговой печи, степень кальцинирования для всех материалов в составе клинкера равна 100 % (т.е. $F_d = 1,00$) или очень близка к 100%. Для ЦП более вероятно, что $F_d < 1,00$, но такие данные могут демонстрировать высокую изменчивость и относительно низкую достоверность. При отсутствии достоверных данных по ЦП допущение о том, что $F_d = 1,00$ даст поправку для ЦП равную нулю.
- b: Поскольку карбонат кальция практически всегда является преобладающим карбонатом в составе сырья, то можно сделать допущение, что он составляет 100% карбоната, сохраняющегося в ЦП, не возвращаемой в печь. Следовательно, в рамках *эффективной практики* можно принять S_d равным доле карбоната кальция в загрузке обжиговой печи. Подобным же образом допустимо применять EF_d равный коэффициенту выбросов для карбоната кальция.
- c: Выбросы CO_2 от некарбонатного углерода (например, от углерода керогена, углерода зольной пыли) в составе нетопливных сырьевых материалов можно проигнорировать (т.е. $M_k \cdot X_k \cdot EF_k = 0$), если тепловой вклад керогена или другого углерода $< 5\%$ от общего количества тепла (от топлива).

2.2.1.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

МЕТОД УРОВНЯ 1

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

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

<p>УРАВНЕНИЕ 2.4</p> <p>КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ ДЛЯ КЛИНКЕРА</p> <p>$EF_{clc} = 0,51 \cdot 1,02$ (поправка на ЦП) = 0,52 тонн CO_2 / тонн клинкера</p>

В уровне 1 EF_{clc} по умолчанию включает поправку на ЦП. Это отличается от EF_{cl} для уровня 2, в котором ЦП не учитывается. EF_{cl} следует умножить на поправочный коэффициент CF_{ckd} (см. уравнение 2.5) чтобы получить комбинированный EF для клинкера и ЦП.

МЕТОД УРОВНЯ 2

Коэффициент выбросов для клинкера (EF_{cl})

В методе уровня 2, если известны национальные данные о содержании CaO в клинкере и о потреблении некарбонатных источников CaO, то по правилам *эффективной практики* рассчитывают коэффициент выбросов CO_2 для клинкера, специфичный для конкретной страны. Как отмечалось выше, для расчёта коэффициента выбросов для клинкера необходимо знать содержание CaO в клинкере, а также долю CaO, которая перешла из карбонатного источника (обычно $CaCO_3$). Содержание CaO в клинкере обычно составляет от 60 до 67 процентов. На отдельно взятом заводе содержание CaO обычно остаётся стабильным в пределах 1- 2 процентов. Базовый коэффициент выбросов по умолчанию

(рекомендованный для уровня 1) основан на допущении о том, что клинкер на 65% состоит из CaO, что 100% CaO было получено из CaCO₃ и что при обжиге достигается 100%-ное кальцинирование.

Базовый (т.е. не скорректированный на ЦП) коэффициент выбросов (0,51) в уравнении 2.4 означает, что клинкер содержит 65 процентов CaO. Аналогичный расчёт даст коэффициенты выбросов для различных значений содержания CaO, если эти значения известны. Например, для клинкера с 60%-ным содержанием CaO, целиком полученного из CaCO₃, EF_{cl} (без поправки на ЦП) равен 0,47 и для клинкера с 67%-ным содержанием CaCO₃ EF_{cl} = 0,53.

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

Коэффициент выбросов по умолчанию не включает поправку на MgO. На каждый 1 процент MgO, полученный из карбоната, коэффициент выбросов равен дополнительным 0,011 тоннам CO₂/тонну клинкера (т.е. EF_{cl} = 0,510 + 0,011 = 0,52 тонн CO₂/тонну клинкера). Поскольку MgO также может быть получен из некарбонатного источника и поскольку содержание MgO в портланд-цементе весьма низкое, то реальное количество MgO из карбоната, по-видимому, очень незначительно. Поскольку допущение о том, что источником CaO на 100% является карбонат, уже даёт завышенную оценку выбросов (вероятно, имеется какой-то небольшой вклад CaO от некарбонатных источников) и поскольку некоторое количество MgO, по-видимому, было произведено из некарбонатного источника, то поправка на MgO не требуется для расчётов 2-го уровня. О неопределённостях, связанных с этими предположениями см. таблицу 2.3.

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

Пыль может образовываться в различных частях линии обжига для получения клинкера. Состав этой пыли может меняться в зависимости от того, где она образуется, но вся она определяется термином «цементная пыль» (ЦП). ЦП состоит из частиц, производных от сырьевых материалов, при этом исходный карбонатный компонент пыли может быть частично кальцинирован. Цементную пыль можно эффективно улавливать с помощью технологии контроля пыли и затем возвращать в обжиговую печь (что чаще встречается на практике) или её можно сразу направлять в обжиговую печь вместе с воздухом для горения, или (после улавливания) её можно отправлять в отходы. Степень возврата ЦП обратно в печь зависит от того, будет ли это влиять на качество клинкера (например, на избыточное содержание щёлочи) или производимого из него готового цемента. Вся ЦП, которая не была возвращена в печь, считается «потерянной» для процесса, и выбросы, связанные с ней, не должны учитываться для клинкера. В той степени, в которой потери ЦП состоят из кальцинированного сырьевого карбоната, выбросы от этого кальцинированного сырья дают прибавление к выбросам клинкера в расчётах уровня 1 и 2, и вычитание в расчётах уровня 3.

Поскольку данные о количестве произведённой ЦП могут быть скудными (за исключением, возможно, отчётности на уровне завода), то оценка выбросов от потери ЦП с использованием значений по умолчанию может считаться *эффективной практикой*. Количество CO₂ от потерь ЦП может меняться - обычно в пределах 1,5% (дополнительного CO₂ по отношению к рассчитанному количеству CO₂ для клинкера) для современного завода и в пределах около 20% для завода, на котором теряется большое количество высоко кальцинированной ЦП (van Oss, 2005). При отсутствии данных поправочный коэффициент для ЦП по умолчанию (CF_{ckd}) равен 1,02 (т.е. к CO₂, рассчитанному для клинкера, добавляется 2%). Если считается, что кальцинированная ЦП не теряется в системе, то поправочный коэффициент для ЦП будет 1,00 (van Oss, 2005). Всемирный совет предпринимателей по устойчивому развитию (World Business Council for Sustainable Development - WBCSD) помимо ЦП отдельно учитывает выбросы от так называемой байпасной пыли (которая полностью кальцинирована). Если данные о байпасной пыли известны, то страны могут использовать Протокол WBCSD для оценки этих выбросов (WBCSD, 2005).

Если данные известны, то поправочный коэффициент (CF_{ckd} в уравнении 2.2) для «потерянных» выбросов CO₂ можно рассчитать по уравнению 2.5.

Поправочный коэффициент для ЦП (CF_{ckd}) для подстановки в уравнение 2.2 можно получить следующим образом:

УРАВНЕНИЕ 2.5 **ПОПРАВОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ ЦП, НЕ ВОЗВРАЩЁННОЙ В ОБЖИГОВУЮ ПЕЧЬ**

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

Где

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

M_d = вес ЦП, не возвращённой в обжиговую печь, тонны^a

M_{cl} = вес произведённого клинкера, тонны

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

F_d = доля кальцинированного исходного карбоната в составе ЦП, дробь^b

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

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

Примечания:

- Предполагается, что 100% ЦП уловлено в первый раз. Если какое-то количество ЦП улетает в атмосферу, то должна быть сделана оценка этого количества и включена в M_d .
- Можно сделать допущение о том, что исходный карбонат целиком состоит из $CaCO_3$ и что пропорция исходного карбоната в составе ЦП та же самая, что в исходной смеси, загружаемой в обжиговую печь.

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

МЕТОД УРОВНЯ 3

Коэффициенты выбросов уровня 3 основаны на фактическом содержании CO_2 в используемых карбонатах (см. уравнение 2.3 и таблицу 2.1). Метод уровня 3 требует полного учёта карбонатов (видов карбонатов и их источников).

2.2.1.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

МЕТОД УРОВНЯ 1

Для уровня 1 следует собрать данные о типах производимого цемента и о доле клинкера в составе цемента с целью оценки производства клинкера на уровне страны (или, где возможно, на уровне завода). Самая большая часть производимого в мире гидравлического цемента – это либо портланд-цемент, либо смешанные (композитные) цементы на основе портланд-цемента (т.е. портланд-цемент (или клинкер) плюс пуццолановые или вяжущие добавки), либо цементы кладочного типа (портланд-цемент плюс пластифицирующие материалы, такие как молотый известняк). Если производство цемента невозможно разгруппировать по типам цемента и если есть основания полагать, что помимо портланд-цемента производятся значительные количества смешанных и/или кладочных цементов, то в *эффективной практике* можно сделать допущение о том, что суммарная фракция клинкера составляет 75%. Если известно, что почти весь производимый цемент – это портланд-цемент, то в *эффективной практике* по умолчанию считают, что клинкер составляет 95%. К сожалению, даже если типы производимого в стране цемента известны, фракция клинкера в цементе может значительно меняться в пределах одного типа смешанного или кладочного цемента. В таблице 2.2 представлены пределы содержания клинкера в различных цементах. Дополнительную информацию см. в DIN (1994) и ASTM (2004a, 2004b). Страны должны чётко документировать все допущения относительно состава цемента и фракции клинкера, которые были использованы при оценке выбросов.

ТАБЛИЦА 2.2						
Доля клинкера в смешанном цементе 'RECIPES' и общем ассортименте продуктов (на основании стандартов США ASTM C-150 и C-595; данные для США могут быть использованы в качестве примера для других стран)						
Название цемента	Обозначение	Состав	% клинкера	Примечания		
Портланд	'PC'	100% PC	95 - 97 90 - 92	В некоторых штатах США допускается включение 3% молотого доменного шлака Последние стандарты допускают включение ≤ 5% молотого известняка		
Кладочный	'MC'	2/3 PC	64	меняется в значительной степени		
Портланд, модифицированный шлаком	I(SM)	шлак < 25%	>70 - 93			
Доменно-шлаковый портланд	IS	шлак 25-70%	28 - 70			
Пуццолановый портланд	IP и P	пуццолан 15-40%	28 - 79/81	на основе PC и/или IS		
Портланд, модифицированный пуццоланом	I(PM)	пуццолан <15%	28 - 93/95	на основе PC и/или IS		
Шлаковый цемент	S	шлак 70+%	<28/29	может использоваться CaO вместо клинкера		
ПРОЦЕНТ КЛИНКЕРА В АССОРТИМЕНТЕ ПРОДУКТОВ						
Процент добавок (пуццолан + шлак) в смешанном цементе*						
Ассортимент продуктов (портланд/смешанный цемент)**	0%	10%	20%	30%	40%	75%
100/0	95 - 97	0	0	0	0	0
0/100	0	85,5	76	66,5	57	23,8
15/85	14,2	86,9	78,9	70,8	62,7	26,4
25/75	23,8	87,9	80,8	73,6	66,5	41,6
30/70	28,5	88,35	81,7	75,1	68,4	45,2
40/60	38	89,3	83,6	77,9	72,2	52,3
50/50	47,5	90,3	85,5	80,8 ***	76	59,4
60/40	57	91,2	87,4	83,6	79,8	66,5
70/30	66,5	92,2	89,3	86,5	83,6	73,6
75/25	71,1	92,6	90,1	87,8	85,4	77,1
85/15	80,8	93,6	92,2	90,7	89,3	84,3
Примечания:						
* В зависимости от содержания шлака смесь относится к портланд - и/или доменно-шлаковому портланд-цементу. За исключением 100%-го портланда, считается, что все остальные портланд-цементы содержат 95% клинкера.						
** Ассортимент продуктов для страны, например 75 % общего производства составляет портланд, всё остальное – смеси. Считается, что все гидравлические цементы – это портланд и/или смеси либо чистый пуццолан. Кладочный цемент – это приблизительно от 60/40 до 70/30 портланда/смеси в колонке «75% добавок». Другие гидравлические цементы (например, глиноземные) приравнены к нулю.						
*** Пример: 80,8% - это доля клинкера, если в стране выпускается 50% портланд-цемента и 50% смешанного цемента, при этом смешанный цемент содержит 70% портланда и 30% добавок.						

В уровне 1 также необходимо вводить поправку на импорт и экспорт клинкера. Данные о количествах импортированного и экспортированного клинкера обычно можно взять в национальных таможах, в ООН, национальных цементных или торговых ассоциациях и/или в министерствах торговли. Типичные тарифные коды для торговли клинкером - 661.21 (СИТС) и 2523.10.00 (НТС). Важно различать торговые данные о самом клинкере от торговых данных по объединённой категории гидравлического цемента и клинкера [коды 661.2 (СИТС) и 25.23.0000 (НТС)] и от данных по импорту цемента [коды 661.22 – 661.29 (СИТС) и 2523.21 – 2523.90 (НТС)].

МЕТОД УРОВНЯ 2

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

МЕТОД УРОВНЯ 3

Данные о типах деятельности, необходимые для уровня 3, вероятно, можно найти только для отдельных заводов. Любой пункт отчётности с использованием уровня 3 должен быть подтверждён полным исследованием карбонатного сырья для обжиговых печей (т.е. типов, количеств, всех источников карбонатного сырья). Таким исследованием предваряются расчёты по методу уровня 3; при этом полное исследование должно повторяться всякий раз, когда происходят какие-либо существенные изменения в материалах и процессах. После полного анализа загрузки карбонатов, делают допущение о том, что в составе материалов и в технологии производства не произошло существенных изменений. По правилам *эффективной практики* делают строгий расчёт коэффициента выбросов на основании анализа карбонатного сырья загрузки на уровне завода и умножают этот коэффициент на производство клинкера (объём производства клинкера обычно рассчитывается ежедневно). После этого данные о производстве клинкера можно использовать для оценки выбросов вместо расчётов на основании карбонатов. По правилам *эффективной практики* взаимосвязь между карбонатами и производством клинкера периодически устанавливают заново. В целом известняк или подобные карбонатные породы являются преобладающими сырьевыми материалами (80-90 процентов) на цементных заводах (эти данные следует собирать ежегодно). Однако карбонатный компонент может присутствовать в составе глины, сланцев, песчаника и других дополнительных сырьевых материалов, а также в составе угля и, возможно, некоторых других видов топлива. Если во время полного исследования было найдено, что количество карбонатов из неглавных источников невелико (т.е. менее 5% от всех карбонатов), то завод может применять постоянное значение для второстепенных источников карбонатов в переходные годы до тех пор, пока не будет сделано следующее полное исследование. Поскольку оценка данных о деятельности для этих второстепенных источников карбонатов может приводить к аналитическим (и прочим) ошибкам, то при расчёте выбросов можно сделать допущение о том, что эти второстепенные источники карбоната состоят из СаСО₃; это допущение должно быть чётко отражено в документации.

Данные о деятельности должны исключать все карбонаты, которые не были загружены в обжиговую печь, а были введены в продукт на этапе конечного размола. Например, завод может «разбавлять» свой готовый портланд-цемент путём примешивания небольшой пропорции (1-5%) молотого известняка. Карбонаты, добавленные при конечном размоле, не подвергались кальцинированию и поэтому не дают выбросов СО₂.

2.2.1.4 Полнота

При расчётах по методу уровня 1 необходимо делать поправку на импорт и экспорт клинкера. Если для стран, являющихся нетто-импортёрами клинкера не вычесть нетто-импорт клинкера, то это даст завышенную оценку выбросов от производства цемента. Если включить нетто-экспорт клинкера для стран, которые являются нетто-экспортёрами клинкера, то это даст заниженную оценку выбросов от производства цемента. Возможные источники торговых данных были рассмотрены в разделе 2.2.1.3.

Данные о производстве клинкера имеются в национальных статистических базах данных; кроме того, их можно собрать, даже если они не были опубликованы в национальных статистиках. Данные о производстве цемента и/или клинкера, взятые из национальных статистик, могут оказаться неполными для тех стран, в которых большая часть продукции поступает от многочисленных мелких обжиговых печей (в частности, вертикальных печей шахтового типа), для которых бывает трудно получить данные.

Полнота – это особенно важный вопрос в тех случаях, когда данные на уровне заводов используются для оценки национальных выбросов уровня 3. Для уровня 3 важно, чтобы были учтены все заводы по

производству клинкера, и чтобы все карбонаты, потреблённые при производстве клинкера, были включены в расчёт выбросов. Клинкерные заводы хорошо известны в каждой стране, однако собрать данные о весовой доле потреблённых карбонатов может оказаться нелёгким делом. Для того чтобы метод уровня 3 был полным, должны быть учтены все потреблённые карбонаты.

В странах, где только часть клинкерных заводов сообщает данные для уровня 3 или где наблюдается переходное состояние от уровня 2 к уровню 3, может оказаться невозможным составление кадастра уровня 3 для всех предприятий в течение переходного периода. Если данные о загрузке карбоната не известны для всех предприятий (что необходимо для уровня 3), то надо попытаться определить - какую долю продукции выпускают те заводы, которые не предоставляют данные, и сделать расчёт для этой доли продукции по методу уровня 2, чтобы добиться полноты в течение переходного периода. Аналогичный подход можно предпринять, если страна переходит от уровня 1 к уровню 2.

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

Есть ещё одна проблема, которая не рассматривается в текущей методике, но может потребовать своего решения в будущем. Свободная известь (СаО, не входящий в состав клинкерных минералов, о которых речь шла выше), выделяющаяся в процессе схватывания цемента (т.е. в результате гидратации клинкерных минералов) может вновь поглощать атмосферный СО₂ (этот процесс называется «карбонизация»). Однако, поскольку скорость карбонизации очень низкая (от нескольких лет до нескольких веков), то с практической точки зрения её не следует рассматривать в рамках *эффективной практики*. Следует провести исследования в этой области, прежде чем включать карбонизацию в национальные кадастры.

2.2.1.5 РАЗРАБОТКА СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

В данных *Руководящих принципах* вводится два изменения в методику оценки выбросов от производства цемента. Во-первых, для уровня 1, коэффициент выбросов по умолчанию теперь включает поправочный коэффициент на ЦП в размере 2%. Поправочный коэффициент на ЦП теперь включён в уровень 1, поскольку он лучше отражает источники выбросов при производстве клинкера. По правилам *эффективной практики* следует пересчитать прежние оценки выбросов для уровня 1 с использованием коэффициентов выбросов, описанных в разделе 2.2.1.2.

Также был введён новый метод для уровня 3, основанный на загрузке карбонатов при производстве клинкера. Такие данные за прошлые годы могут быть либо доступны, либо не доступны. Если составители кадастра выбирают уровень 3 (а не уровень 2, применявшийся в прошлом) для текущей и будущих инвентаризаций, то они должны собрать соответствующие данные за прошлые годы, чтобы обеспечить согласованность временного ряда. Если такие данные не доступны, то составители кадастра могут воспользоваться методом частичного совмещения (см. раздел 5.3, том 1), чтобы пересчитать предыдущие оценки. Взаимосвязь между выбросами, оценёнными по загрузке карбоната (уровень 3) и по производству клинкера (уровень 2), должна быть относительно неизменной во времени для отдельного завода, но может меняться, если число заводов, заводские технологии или сырьевые материалы сильно изменились со временем. Сразу после установления такой взаимосвязи предыдущие оценки могут быть пересчитаны исходя из этой взаимосвязи (см. раздел 5.3, том 1). Аналогичный подход можно использовать, когда составители кадастра двигаются от уровня 1 к уровню 2.

2.2.2 Оценка неопределённостей

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

2.2.2.1 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Для уровня 1 основной составляющей неопределённости является содержание (доля) клинкера в производимом цементе. Если достоверные данные об импорте и экспорте клинкера не доступны, то оценка неопределённости для производства клинкера будет выше. Хотя поправочный коэффициент на ЦП по умолчанию сам по себе содержит очень высокую неопределённость, её влияние на расчёт общих выбросов меньше, чем влияние неопределённости, связанной с долей клинкера. Для уровня 2 основной источник неопределённости связан с определением содержания СаО в клинкере. Если данные о клинкере доступны, то неопределённость коэффициента выбросов равна неопределённости доли СаО и неопределённости допущения о том, что весь СаО был получен из СаСО₃ (таблица 2.3). В уровне 3 присутствует относительно низкая неопределённость, связанная с коэффициентами выбросов исходных карбонатов, поскольку они основаны на стехиометрических отношениях. В уровне 3 может также присутствовать неопределённость, связанная с допущением о том, что степень кальцинирования карбонатов в ЦП равна 100%.

В целом ЦП – наименее изученный показатель для оценки выбросов СО₂ от цементного производства, даже для уровня 3.

2.2.2.2 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Если данные о производстве клинкера были рассчитаны исходя из производства цемента, то неопределённость данных о деятельности может быть высокой – около 35%. Для уровня 2 неопределённость данных о производстве клинкера (где это уместно) составляет около 1-2%. Сбор данных от отдельных производителей (если они полные), в отличие от использования национальных данных, снизит неопределённость оценки, поскольку эти данные будут учитывать изменения на уровне заводов. Это особенно важно при определении возможных различий в составе клинкера и изменчивости ежегодных показателей производства (т.е. при использовании запасов клинкера вместо производства клинкера, идущего на производство цемента, в различные периоды времени). За исключением ЦП самыми большими источниками неопределённости уровня 3 являются неопределённости, связанные с определением типов карбонатов (1-5%) и веса сырьевых материалов.

Хотя выбросы от ЦП намного меньше, чем выбросы от карбонатов, может присутствовать значительная неопределённость, связанная с оценкой выбросов от ЦП в уровне 2, а также в уровне 3, если заводы не взвешивают ЦП, возвращаемую в обжиговую печь или если на заводах не хватает уловителей ЦП. Если вес и состав ЦП не известен на уровне заводов, то неопределённость будет выше. В качестве примера была сделана попытка приблизительно оценить неопределённости для различных коэффициентов в уравнениях 2.1-2.5 и/или стадий производства клинкера и цемента. В таблице 2.3 представлены приблизительные неопределённости компонентов – эти неопределённости связаны с конкретной стадией или видом деятельности при производстве клинкера. Для количественной оценки неопределённости для производства цемента (клинкера) необходимо объединить неопределённости по умолчанию из таблицы 2.3 в соответствии с инструкцией в разделе 3.2.3 тома 1. Там, где даны пределы значений неопределённости, следует использовать средние значения, если только условия страны или завода не указывают на то, что должны быть использованы другие значения.

ТАБЛИЦА 2.3 ЗНАЧЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА		
Неопределённость^а	Комментарий	Уровень
Химический анализ/состав		
2-7%	Допущение о том, что портланд-цемент содержит 95% клинкера	1
1-2%	Химический анализ клинкера на содержание CaO	2
3-8%	Допущение о том, что клинкер содержит 65% CaO	2
1-3%	Допущение о том, что 100% CaO получено из CaCO ₃ (неопределённость выше, если в сырье использовали, но не учли золу или шлак)	2
1%	Допущение о том, было достигнуто 100%-ное кальцинирование карбоната, идущего на производство клинкера	2, 3
1-3%	Количественное определение керогена (или другого некарбонатного углерода)	3
1-3%	Общий химический анализ количественного содержания карбонатов и типов карбонатов	3
1-5%	Допущение о том, что все карбонаты – это CaCO ₃ (100%)	3
Данные о производстве		
1-2%	Отчётные (на уровне завода) данные о производстве цемента	1
35%	Допущение о том, что страна выпускает только портланд-цемент (100%)	1
10%	Использование оценочных данных (национальных статистик) по национальному производству (или сгруппированных данных по заводам)	1, 2
Переменная	Использование отчётных, но округлённых, данных о весе цемента или клинкера (например, если в национальном отчёте используются крупные единицы измерения); неопределённость равна одной единице в последней показанной значащей цифре.	1, 2
1-2%	Взвешивание или расчёт производства клинкера, при условии полной отчётности	2
1-3%	Неопределённость взвешивания сырьевых материалов на уровне завода	3
ЦП		
25-35%	Допущение по умолчанию о том, что выбросы от ЦП составляют 2% выбросов от процесса при производстве клинкера. Неопределённость предполагает, что 33 -50% клинкера не возвращается в цикл. Если ЦП вообще не возвращается в цикл или если процент кальцинирования намного превосходит 50%, то неопределённость может быть 50% и более	
1%	Допущение о том, что исходные компоненты ЦП те же, что и в сырьевой смеси	2, 3
1%	Допущение о том, что весь карбонат цементной пыли (кальцинированный и некальцинированный) состоит из CaCO ₃	2, 3
10-35%	Оценка процента кальцинирования ЦП	2, 3
20-80%	Допущение о 100%-ном кальцинировании ЦП	2, 3
до 60%	Допущение о 50%-ном кальцинировании ЦП	2, 3
5%	Взвешивание ЦП, уловленной скрубберами	2, 3
1-3%	Взвешивание ЦП, уловленной скрубберами и возвращённой в обжиговую печь	2, 3
5-10%	Взвешивание ЦП, уловленной скрубберами и не возвращённой в обжиговую печь (другой вид утилизации)	2, 3
10-15%	Оценка веса ЦП, автоматически возвращённой в обжиговую печь	2, 3
20-30%	Оценка веса ЦП, если она не была извлечена или уловлена	2, 3

ТАБЛИЦА 2.3		
ЗНАЧЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА (ПРОДОЛЖЕНИЕ)		
Неопределённость^а	Комментарий	Уровень
Импорт/экспорт		
10%	Данные о торговле клинкером (если тарифные коды выделены корректно и не включают цемент)	1
50% импорта (по весу)	Завышенная оценка вследствие того, что не был вычтен импорт клинкера из объёмов потребления (это происходит потому что, в уравнении 2.4 CO ₂ составляет примерно половину веса клинкера)	1
* Оценки были сделаны с учётом мнения экспертов		

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

2.2.3.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

В дополнение к общему руководству по ОК/КК далее будут рассмотрены отдельные методики, относящиеся к этой категории источников.

СРАВНЕНИЕ ОЦЕНОК ВЫБРОСОВ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

Сравнение можно проводить между выбросами, которые были оценены с использованием методов различных уровней. Например, если для сбора данных используется восходящий подход (т.е. сбор данных на уровне заводов), то составители кадастра должны сравнивать оценки выбросов с выбросами, рассчитанными исходя из национальных данных о производстве цемента или клинкера (нисходящий подход). Если в течение переходного периода используется гибридный подход (уровень1/2 или уровень2/3), то по правилам *эффективной практики* следует оценить выбросы для всех предприятий также с помощью более низкого уровня для того, чтобы сравнить результаты анализов с результатами, полученными с помощью гибридного подхода. Результаты таких сравнений (включая объяснение возможных отклонений) должны быть отражены во внутренней документации.

АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Составители кадастра должны сравнить сгруппированные национальные коэффициенты выбросов с коэффициентами по умолчанию МГЭИК, чтобы выяснить, который 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.

Если используется сгруппированный нисходящий подход, но при этом доступны не все данные на уровне заводов, то необходимо сравнить коэффициенты на уровне предприятия или завода с групповым коэффициентом, который использовался для национальной оценки. Таким образом будет получен ответ о приемлемости и репрезентативности этих данных.

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 цемента необходимо сравнить данные завода (содержание СаО в клинкере, содержание клинкера в цементе) с данными других заводов страны.

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, кроме того, должны быть пересмотрены оценки неопределённостей и дано заключение. Если применялись высокие стандарты измерения и ОК/КК проводился на большинстве предприятий, тогда неопределённость оценок выбросов можно пересмотреть в сторону понижения.

2.2.3.2 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эффективная практика предусматривает документирование и архивирование всей информации необходимой для проведения кадастровых оценок национальных выбросов. Далее будет рассмотрено, какие именно документы и отчёты, относятся к этой категории источников.

МЕТОД УРОВНЯ 1

Помимо сведений о производстве цемента в отчете должны присутствовать данные об импорте и экспорте клинкера. Должна быть отражена вся информация о содержании СаО в клинкере, включая данные об использовании значений по умолчанию, которые отличаются от тех, что были указаны в разделе 2.2.1.2.

МЕТОД УРОВНЯ 2

Документация уровня 2 должна включать описание того, каким образом было оценено производство клинкера в каждом пункте отчёта (прямое взвешивание; вес, определённый по насыпному объёму клинкера; вес, рассчитанный исходя из сырьевых материалов и т.д.) и на каком уровне были собраны данные о деятельности (на уровне завода или на уровне страны). Метод определения содержания СаО в клинкере (с использованием значений для конкретной страны или значений МГЭИК по умолчанию) должен быть описан вместе с информацией на уровне завода, относящейся к количеству и типу некарбонатного сырья, загруженного в обжиговую печь (например, шлаков или зольной пыли). Все способы определения количества ЦП и степени её кальцинирования должны быть задокументированы. Если было сделано допущение о том, что выбросы от ЦП составляют 2%, то об этом тоже должно быть ясно написано в отчете.

МЕТОД УРОВНЯ 3

При документировании метода уровня 3 необходимо описать все предпринятые действия и методики, использованные для определения весовых фракций и типов всех карбонатов, включая карбонаты в составе глин, сланцев, песчаника и других вспомогательных исходных материалов, потреблённых в качестве сырья, вместе с соответствующими коэффициентами выбросов.

Оценка общих выбросов на основании загрузки карбонатов может завязать оценку выбросов, если карбонаты не были полностью кальцинированы. Все поправки должны быть записаны. Это включает документирование данных о степени кальцинирования сырьевых материалов и о количестве ЦП и степени её кальцинирования.

Заводы могут прийти к выводу о том, что будет непрактично проводить ежедневные химические анализы всех загрузок сырьевых материалов с целью расчета CO_2 . Вместо этого на каждом предприятии будет проводиться полное исследование событий в течение года с целью полной характеристики загрузок карбонатов. Предприятия могут выявить взаимосвязь между загрузкой карбонатов и производством клинкера, которую будут применять при рутинных расчетах выпуска клинкера на предприятии в переходные периоды. Помимо всех действий, предпринятых для оценки выбросов от загрузки карбонатов, должны быть описаны все стадии необходимые для установления взаимосвязи между загрузкой карбоната и производством клинкера.

Вся исходная информация должна быть задокументирована и представлена в отчёте – в *эффективной практике* недостаточно представить лишь конечную оценку выбросов.

2.3 ПРОИЗВОДСТВО ИЗВЕСТИ

2.3.1 Вопросы методологии

Оксид кальция (СаО или негашёная известь) образуется при нагревании известняка с разложением карбонатов. Этот процесс обычно проводят в шахтных или вращающихся печах при высоких температурах; процесс протекает с выделением CO_2 . В соответствии с требованиями, предъявляемыми к продукту (целлюлоза и бумага, строительные материалы, очистка сточных вод, смягчение воды,

контроль pH, закрепление грунта и т.д.), известняк с изначально высоким содержанием кальция (кальцит) перерабатывают согласно следующей реакции:



Доломит и доломитовые (с высоким содержанием магния) известняки также могут быть переработаны при высокой температуре с образованием доломитовой извести (и CO_2) согласно следующей реакции: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломит) + нагрев \rightarrow $\text{CaO}\cdot\text{MgO}$ (доломитовая известь) + 2CO_2 . На том же оборудовании производят гашеную (гидратированную) известь, добавляя стадию гидратирования.

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

В некоторых случаях потребление извести в качестве продукта не приводит к выбросам CO_2 в атмосферу. Использование гашёной извести для смягчения воды, например, приводит к реакции CO_2 с известью и вторичному образованию карбоната кальция, что не даёт выбросов CO_2 в атмосферу. Аналогично, осаждённый карбонат кальция, который используется в бумажной промышленности и в других отраслях, представляет собой продукт, полученный в реакции гашёной извести с высоким содержанием кальция с CO_2 . В процессе рафинирования сахара известь используется для удаления примесей из неочищенного сока сахарного тростника; любой избыток извести можно убрать карбонизацией. Вся рекарбонизация в этих отраслях промышленности может быть рассчитана и записана только тогда, когда используются проверенные и валидированные методы расчета CO_2 , вступающего в реакцию с известью с образованием карбоната кальция. Если эти требования выполняются, то это количество CO_2 можно внести в категорию 2Н «Прочее».

В разделе 2.2.1.3 было отмечено, что известковая пыль (ИП) может производиться в процессе приготовления извести. Оценка выбросов с помощью уровня 2 и уровня 3 должна учитывать выбросы, связанные с ИП.

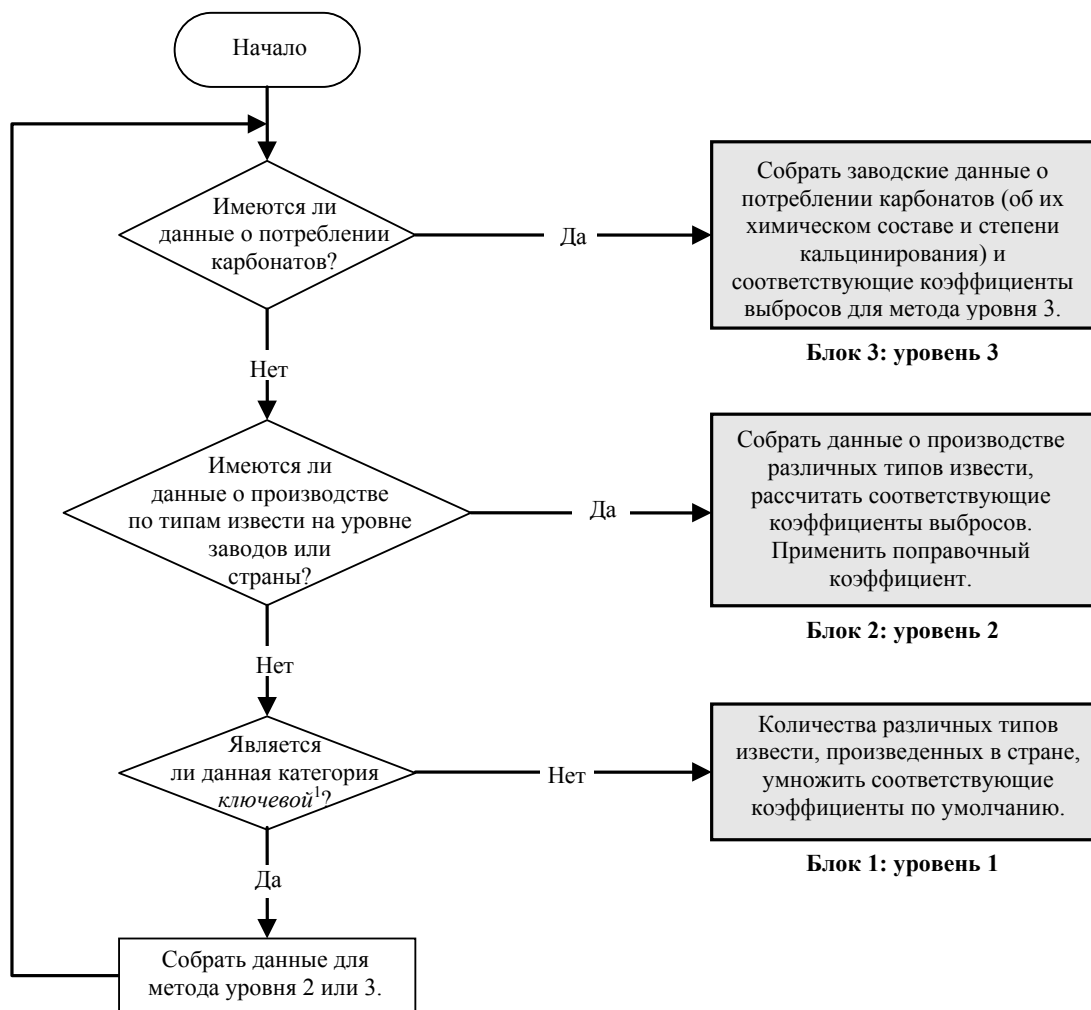
2.3.1.1 ВЫБОР МЕТОДА

Имеется три базовых методики оценки выбросов при производстве извести (также как при производстве цемента): метод, основанный на объёме выпуска с использованием значений по умолчанию (уровень 1); метод, основанный на объёме выпуска, в котором оцениваются выбросы от производства CaO и $\text{CaO}\cdot\text{MgO}$ и национальная информация для расчёта поправочных коэффициентов (уровень 2); и метод, основанный на загрузке карбонатов (уровень 3). В отличие от уровня 3, где требуется оценка на уровне завода, в уровнях 2 и 3 можно использовать либо национальные, либо (по возможности) заводские статистики. Выбор правильного метода *эффективной практики* зависит от национальных условий, как показано на рисунке 2.2.

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

МЕТОД УРОВНЯ 1

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

Рисунок 2.2 Схема принятия решений по оценке выбросов CO₂ от производства извести

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

Если национальные данные о типах производимой извести доступны, то в *эффективной практике* оценку выбросов проводят с использованием уравнения 2.6. Для уровня 2 требуется информация о доле производимой гашёной извести на уровне страны. Следует выяснить типичное отношение производства извести к производству ИП на уровне завода.

УРАВНЕНИЕ 2.6
УРОВЕНЬ 2: ВЫБРОСЫ, РАССЧИТАННЫЕ НА ОСНОВАНИИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ О ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗВЕСТИ ПО ТИПАМ ИЗВЕСТИ

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (EF_{\text{известь},i} \cdot M_{\text{известь},i} \cdot CF_{\text{ИП},i} \cdot C_{\text{гаш},i})$$

Где

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от производства извести, тонны

EF_{lime,i} = коэффициент выбросов для извести типа *i*, тонны CO₂/тонну извести (см. уравнение 2.9)

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

$CF_{ИП,i}$ = поправочный коэффициент на ИП для извести типа i , относительные единицы.
Эта поправка может быть учтена аналогично поправке на ЦП (уравнение 2.5, но без коэффициента (EF_c/EF_{c_i}))

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

i = любой тип извести, из перечисленных в таблице 2.4

МЕТОД УРОВНЯ 3

Уровень 3 основан на сборе данных на уровне завода по типам и количествам карбонатов, израсходованных при производства извести, а также на коэффициентах выбросов потреблённых карбонатов. Метод уровня 3 для оценки выбросов от производства извести аналогичен уравнению 2.3 для производства цемента, за исключением того, что вместо поправки на ЦП вводится поправка на ИП, и нет поправки на выбросы от углеродсодержащих нетопливных материалов. В отличие от ЦП и цементных обжиговых печей, ИП редко возвращают в печь для обжига извести (при этом ИП может использоваться в качестве сырья для цементной обжиговой печи). Для оценки выбросов по уравнению 2.7 делается допущение, что ИП не возвращается в обжиговую печь.

УРАВНЕНИЕ 2.7

УРОВЕНЬ 3: ВЫБРОСЫ, РАССЧИТАННЫЕ НА ОСНОВЕ ЗАГРУЗКИ КАРБОНАТОВ

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (EF_i \cdot M_i \cdot F_i) - M_d \cdot C_d \cdot (1 - F_d) \cdot EF_d$$

Где

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства извести, тонны

EF_i = коэффициент выбросов для карбоната i , тонны CO_2 /тонну карбоната (см. таблицу 2.1)

M_i = вес или масса израсходованного карбоната i , тонны

F_i = степень кальцинированная, достигнутая для карбоната i , дробь^a

M_d = вес или масса ИП, тонны

C_d = массовая фракция исходного карбоната в составе ИП, дробь^a. Этот коэффициент можно учитывать аналогично коэффициенту для ЦП.

F_d = степень кальцинирования, достигнутая для ИП, дробь^a

EF_d = коэффициент выбросов для некальцинированного карбоната в составе ИП, тонны CO_2 /тонну карбоната^b

Примечания по умолчанию к уравнению 2.7:

- Степень кальцинирования: при отсутствии реальных данных, по правилам *эффективной практики* делают допущение, что степень кальцинирования составляет 100% (т.е. $F_i = 1,00$) или очень близка к 100%. Для ИП более вероятно $F_d < 1,00$, но данные могут демонстрировать высокую изменчивость и относительно низкую достоверность. При отсутствии достоверных данных по ИП предположение о том, что $F_d = 1,00$ даст нулевую вычитаемую поправку на некальцинированный карбонат, сохранившийся в ИП.
- Поскольку карбонат кальция является преобладающим карбонатом в сырьевых материалах, то при отсутствии лучших данных можно допустить, что он даёт до 100% карбоната, сохраняющегося в ИП. Таким образом, в рамках *эффективной практики* можно принять C_d равным доле карбоната кальция в сырьевом материале, который подаётся в обжиговую печь. Подобным же образом, при отсутствии лучших данных, по правилам *эффективной практики* для определения EF_d можно использовать коэффициент выбросов для карбоната кальция.

2.3.1.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

МЕТОД УРОВНЯ 1

Уровень 1 – это метод, основанный на учёте выпускаемой продукции; в нём коэффициент выбросов умножается на общее количество произведённой извести. Коэффициент выбросов основан на стехиометрических отношениях, показанных в таблице 2.4, которые меняются в зависимости от типа производимой извести. Стехиометрическое отношение равно количеству CO_2 , которое выделилось из

предшественника извести, при допущении, что степень кальцинирования составляет 100% и отсутствует ИП. Например, для получения 1 тонны CaO необходимо кальцинирование 1,785 тонны CaCO₃, при этом выделяется 0,785 тонны CO₂ при условии полного кальцинирования.

При отсутствии национальных данных, в рамках *эффективной практики* делают допущение, что производится 85% извести с высоким содержанием кальция и 15% доломитовой извести (Miller, 1999). С учётом этого допущения коэффициент выбросов для производства извести для уровня 1 рассчитывают по уравнению 2.8.

УРАВНЕНИЕ 2.8

УРОВЕНЬ 1: КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗВЕСТИ

$$EF_{\text{известь}} = 0,85 \cdot EF_{\text{известь с выс. сод. кальция}} + 0,15 \cdot EF_{\text{доломит. известь}}$$

$$= 0,85 \cdot 0,75 + 0,15 \cdot 0,77^a$$

$$= 0,6375 + 0,1155$$

$$= 0,75 \text{ тонн CO}_2 / \text{тонну произведённой извести}$$

Примечания по умолчанию к уравнению 2.8

- а) EF по умолчанию для доломитовой извести может быть 0,86 или 0,77, в зависимости от применяемой технологии производства извести. См. таблицу 2.4.

ТАБЛИЦА 2.4					
ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ИЗВЕСТИ					
Тип извести	Стехиометрическое отношение [тонны CO ₂ на тонну CaO или CaO·MgO] (1)	Диапазон содержания CaO [%]	Диапазон содержания ^d MgO [%]	Значение по умолчанию для содержания CaO или CaO·MgO [дробь] (2)	Коэффициент выбросов по умолчанию [тонны CO ₂ на тонну извести] (1) • (2)
Известь с большим содержанием кальция ^a	0,785	93-98	0,3-2,5	0,95	0,75
Доломитовая известь ^b	0,913	55-57	38-41	0,95 или 0,85 ^c	0,86 или 0,85 ^c
Гидравлическая известь ^b	0,785	65-92 ^c	нет данных	0,75 ^e	0,59
Источник: ^a Miller (1999b) на основании данных ASTM (1996) и Schwarzkopf (1995). ^b Miller (1999a) на основании данных Bounton (1980). ^c Это значение зависит от технологии, применявшейся для производства извести. Более высокие значения характерны для развитых стран, более низкие значения – для развивающихся стран. ^d Не существует точной химической формулы для каждого типа извести, поскольку состав известковых продуктов определяется составом известняка или доломита, из которых была получена известь. ^e Общее содержание CaO (включая CaO в силикатных фазах).					

МЕТОД УРОВНЯ 2

Аналогично уровню 1, коэффициент выбросов для производства извести в уровне 2 отражает стехиометрические отношения между CO₂ и CaO и/или CaO·MgO, а также поправку на содержание CaO или CaO·MgO в извести. Однако в уровне 2, в отличие от уровня 1, необходимо использовать данные по производству типов извести на национальном уровне. В рамках *эффективной практики* для вывода коэффициента выбросов и учёта содержания CaO или CaO·MgO используют уравнение 2.9.

УРАВНЕНИЕ 2.9**УРОВЕНЬ 2: КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗВЕСТИ**

$$EF_{\text{известь } a} = SR_{\text{CaO}} \cdot \text{Содержание CaO}$$

$$EF_{\text{известь } b} = SR_{\text{CaO}\cdot\text{MgO}} \cdot \text{Содержание CaO} \cdot \text{MgO}$$

$$EF_{\text{известь } c} = SR_{\text{CaO}} \cdot \text{Содержание CaO}$$

Где

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

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

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

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

$SR_{\text{CaO}\cdot\text{MgO}}$ = стехиометрическое отношение CO_2 и CaO·MgO (см. таблицу 2.4), тонны CO_2 /тонну CaO·MgO

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

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

МЕТОД УРОВНЯ 3

Коэффициенты выбросов уровня 3 основаны на фактических количествах используемых карбонатов (см. уравнение 2.7 и таблицу 2.1). Уровень 3 предусматривает полный учёт карбонатов (по типам и источникам) и может включать поправку (а именно, вычитание) на некальцинированную известковую пыль.

2.3.1.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

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

МЕТОД УРОВНЯ 1

В уровне 1 можно использовать значения по умолчанию для любой из следующих переменных: (1) типы выпускаемой извести и/или (2) доля выпуска гашёной извести. В таблице 2.4 представлены данные о стехиометрических отношениях, пределы содержания CaO и CaO·MgO и получаемые в результате коэффициенты выбросов по умолчанию для основных выпускаемых типов извести. Если отсутствуют разгруппированные данные отдельным типам извести, то в *эффективной практике* делают допущение о том, что 85% составляет известь с высоким содержанием кальция и 15% - доломитовая известь (Miller, 1999), а доля гидравлической извести приравнивается к нулю, если нет другой информации.

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

МЕТОД УРОВНЯ 2

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

- известь с высоким содержанием кальция (CaO + примеси);
- доломитовая известь ($\text{CaO}\cdot\text{MgO}$ + примеси);
- гидравлическая известь (CaO + гидравлические силикаты кальция), которая представляет собой промежуточный материал между известью и цементом.

Основной причиной необходимости различать три типа негидратированной извести является то, что два первых типа имеют различные коэффициенты выбросов. Важно также сделать поправку на процент гидратированной извести в общем производстве извести. Также как в методе уровня 2 для производства цемента, необходимо собрать данные обо всех некарбонатных источниках CaO (где применимо).

Значительные количества ИП могут быть произведены в качестве побочного продукта при производстве извести. Количество ИП зависят от типа обжиговой печи и характеристик применяемых карбонатов. Согласно Boynton (1980) средняя вращающаяся печь производит 9-10% ИП на произведённую тонну извести, или 16-18% от загрузки сырья. Химический состав ИП меняется в зависимости от загрузки сырья, но, как правило, известковая пыль с высоким содержанием кальция может содержать 75% оксида кальция и некальцинированного карбоната кальция вместе взятых (примерно в соотношении 50:50); при этом остальная часть состоит из примесей – оксидов кремния, алюминия и железа, а также серы (в зависимости от используемого топлива). Поправка на ИП в методах уровня 2 и уровня 3 аналогична поправке на ЦП в цементном производстве, как по методологии, так и по значениям по умолчанию. По возможности следует собирать данные о типичных соотношениях ИП к количеству произведённой извести и о типичном составе ИП. При отсутствии данных составители кадастра могут сделать поправку на ИП, прибавив 2% (т.е. умножить выбросы на 1,02).

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

МЕТОД УРОВНЯ 3

По правилам *эффективной практики* следует собирать данные на уровне завода о весовой доле карбонатов, израсходованных на производство извести, и о степени кальцинирования. Также следует собирать данные о количестве (сухом весе) и составе производимой ИП. Аналогично методу уровня 3 для цементного производства, выбросы от ИП следует вычитать из оценок уровня 3.

При оценке данных о потреблении карбонатов следует учитывать два основных условия. Данные должны быть доступными и должны собираться на уровне заводов, поскольку национальная статистика о потреблении карбонатов в производстве извести может быть неполной. Подобно цементному производству, несмотря на то, что известняк и/или доломит, скорее всего, являются преобладающими карбонатами, важно убедиться, что все загрузки карбонатов были определены и учтены.

ПОПРАВКА НА ДОЛЮ ГАШЁНОЙ ИЗВЕСТИ

Известь с высоким содержанием кальция и доломитовая известь могут быть гидратированы и превращены в гашёную известь, соответственно в $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или $\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot\text{Mg}(\text{OH})_2$. По правилам *эффективной практики* поправку на гашёную известь учитывают в уровне 2 и, если имеются данные, в уровне 1. Если нет данных для уровня 1, то в *эффективной практике* делают допущение о нулевом производстве гашёной извести. Если x – это доля гашёной извести, а y – содержание воды в ней, то в *эффективной практике* количество произведённой гашёной извести умножают на поправочный коэффициент $1 - (x \cdot y)$. Поскольку в огромном большинстве случаев преобладает гашёная известь с высоким содержанием кальция (90%), то значения по умолчанию будут $x = 0,10$ и $y = 0,28$ (содержание воды по умолчанию), следовательно, поправочный коэффициент равен 0,97. Этот поправочный коэффициент по умолчанию для гашёной извести можно включить в уравнение 2.6.

2.3.1.4 Полнота

Для *эффективной практики* необходима полнота данных о деятельности (т.е. о производстве извести). Обычно отчётные показатели производства включают только часть фактического производства – только то, что было продано на рынке. Использование или производство извести в качестве нетоварного промежуточного продукта бывает недостаточно хорошо учтено или отражено в отчётах. Например, многие заводы, выпускающие сталь, синтетическую кальцинированную соду, карбид кальция, оксид магния и металлический магний, а также медеплавильные и сахарные заводы производят известь, но могут не сообщать об этом национальным агентствам. Упущение этих данных может привести к заниженной оценке производства извести в стране в два и более раз. Аналогично, может существовать сельское или кустарное производство извести для санитарных целей или побелки. Всё производство

известии должно быть учтено в этой категории источников независимо от того, предназначена известь, полученная в обжиговых печах, для продажи или это нетоварный промежуточный реагент.

Составители кадастра не должны допускать двойного учёта или пропусков выбросов от этой категории источников и от потребления известняка и доломита. Другой потенциальный источник двойного учёта, о котором необходимо помнить, связан с гашёной известью. Производство гашёной извести может оказаться учтенным дважды, если производство извести было скорректировано на гашёную известь, но при этом известь, использованная для получения гашёной извести, уже была включена в цифру общего производства извести. Аналогично ситуации с цементом, при использовании уровня 3 важно вести учёт всего карбонатного сырья (например, известняк, доломит и т.д.) на уровне заводов.

Наконец, известковые растворы, используемые в строительстве, обретают прочность при поглощении CO_2 , однако скорость такой карбонизации недостаточно изучена. Считается, что процесс карбонизации растворов может протекать от месяцев до десятилетий, поэтому фактор карбонизации не был введён в расчёт выбросов. В настоящее время *эффективная практика* не включает этот фактор в расчёте выбросов. В этой области должна быть проведена исследовательская работа, перед тем как вводить учёт карбонизации в национальные кадастры.

2.3.1.5 РАЗРАБОТКА СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Эффективная практика предусматривает расчёт выбросов от производства извести с использованием одного и того же метода для каждого года временного ряда. В этих *Руководящих принципах* вводится новый метод уровня 3, основанный на загрузке карбонатов при производстве извести. Такие данные за прошлые годы могут быть либо доступны, либо не доступны. Если составители кадастра выбирают этот уровень для текущей и будущих инвентаризаций, то рекомендуется собрать соответствующие данные за прошлые годы, чтобы обеспечить согласованность временных рядов. Если такие данные не доступны, то можно воспользоваться методом частичного совмещения (см. раздел 5.3, том 1) чтобы попытаться пересчитать предыдущие оценки.

Если данные не доступны, то, двигаясь от уровня 1 к уровню 2, можно сделать допущение о том, что в стране не произошло значительных изменений в плане перехода от одного карбонатного сырья для производства извести к другому. Это вполне резонное допущение, поскольку известняк является преобладающим карбонатным сырьём.

Составители кадастра должны разгруппировать данные о производстве известняка на три типа: производство извести с высоким содержанием кальция, доломитовой извести и гидравлической извести. Если национальные данные о доле потреблённой извести или о доле гашёной извести не известны для всей временной серии, то недостающие годы можно оценить методом интерполяции или методом экстраполяции тренда (которые описаны в разделе 5.3 тома 1), либо приняв текущий год за показательный для пропорции извести, выпущенной в течение прошлых лет временной серии.

2.3.2 Оценка неопределённостей

Оценки неопределённостей для производства извести вытекают в основном из неопределённостей, связанных с данными о деятельности, и в меньшей степени из неопределённостей, связанных с коэффициентом выбросов. Дополнительную информацию см. выше, в обсуждении неопределённостей для производства цемента.

2.3.2.1 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Также как и для производства цемента, в методе уровня 3 имеется незначительная неопределённость, связанная с коэффициентом выбросов. Стехиометрическое отношение в уровне 1 и уровне 2 – это точное число, и поэтому неопределённость коэффициента выбросов – это неопределённость состава извести, особенно неопределённость доли гидравлической извести (неопределённость коэффициента выбросов для гидравлической извести равна 15%, а неопределённость для других типов извести – 2%). Имеется неопределённость, связанная с определением содержания CO_2 и/или содержания $\text{CaO}\cdot\text{MgO}$ в составе производимой извести.

ТАБЛИЦА 2.5		
ЗНАЧЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЕЙ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ РАСЧЁТА ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ИЗВЕСТИ		
Неопределённость	Комментарий	Уровень
4-8%	Неопределённость предположения о среднем содержании СаО в извести	1, 2
2%	Коэффициент выбросов для извести с большим содержанием кальция	1, 2
2%	Коэффициент выбросов для доломитовой извести	1, 2
15%	Коэффициент выбросов для гидравлической извести	1, 2
5%	Поправка на гашёную известь	1, 2
	Другие ошибки значений, которые возможны, если нетоварное производство извести не оценивается	1, 2, 3
1-2%	Неопределённость данных о производстве извести на уровне завода. Заводы обычно не определяют выпуск с большей точностью, чем эта. При условии полной отчётности.	2
См. таблицу 2.3	Поправка на ИП	2, 3
1-3%	Ошибка вследствие допущения о том, что 100% карбонатного источника составляет известняк (не учитываются другие виды сырья)	3
1-3%	Неопределённость взвешивания сырьевых материалов на уровне завода	3
Источник: на основании экспертной оценки		

2.3.2.2 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

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

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

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

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

2.3.3.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

В дополнение к комплексному руководству по ОК/КК далее будут рассмотрены отдельные методики, относящиеся к этой категории источников.

СРАВНЕНИЕ ОЦЕНОК ВЫБРОСОВ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

Можно делать сравнения между выбросами, которые оценены по методу уровня 2 (основанному на производстве извести) по методу уровня 3 (основанному на загрузке карбоната). Аналогично, если оценки выбросов, рассчитанные по восходящему принципу (т.е. сбор данных на уровне заводов) следует сравнивать с оценками, рассчитанными исходя из национальных или заводских данных о производстве извести (нисходящий принцип). Если в течение переходного периода используется гибридный подход (уровень1/2 или уровень2/3), то по правилам *эффективной практики* следует оценить выбросы для всех предприятий также с помощью более низкого уровня для того, чтобы сравнить результаты анализа с

результатами гибридного подхода. Результаты таких сравнений должны быть записаны во внутренней документации, включая объяснение возможных несоответствий.

ПРОВЕРКА ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Составители кадастра должны подтвердить правильность определения различных типов извести, выпускаемых в стране. Они также должны тщательно изучить отрасли промышленности, которые могут выпускать нетоварную известь, чтобы включить данные о выпуске нетоварной извести в данные о деятельности.

2.3.3.2 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эффективная практика предусматривает документирование и архивирование всей информации, необходимой для проведения кадастровых оценок национальных выбросов. Далее будут рассмотрены общие рекомендации по составлению отчетности и документации о выбросах и о сокращении выбросов от производства извести; затем будет рассмотрена информация, которая должна быть представлена для отдельных уровней.

- Если составители кадастра описывают поглощение CO₂ в процессе рафинирования сахара, осаждения карбоната кальция или смягчения воды в категории 2Н, то должна быть представлена подробная информация о методах, которые были использованы для расчёта поглощённых выбросов. Информация о выбросах и информация о сокращении выбросов должна быть представлена отдельно – для *эффективной практики* недостаточно дать лишь конечную оценку выбросов от производства извести. Кроме того, должна быть оформлены документы в подтверждение того, что сокращение выбросов от рекарбонизации было учтено только в том году, в котором рекарбонизация имела место (см. 2.3.1 выше).
- Независимо от использованного метода составители кадастра должны описать процедуру проверки того, что в отчёте были учтены и товарная и нетоварная известь (см. обсуждение в разделе 2.3.1.4 (Полнота)).

МЕТОД УРОВНЯ 1

Для уровня 1 используется та же методология, что и для уровня 2, только вместо информации на уровне страны можно использовать значения по умолчанию для оценки различных параметров. Поэтому документация для уровня 1, такая же, как для уровня 2 (которая описана далее), за исключением того, что в ней должно быть чётко указано, в каких случаях были использованы значения по умолчанию.

МЕТОД УРОВНЯ 2

Документация уровня 2 должна включать описание типов производимой в стране извести (включая гашёную известь) и того, как это определение было сделано (сбор данных о продажах, сбор данных о потреблении отдельными заводами и т.д.). Должны быть описаны процедуры, используемые для определения содержания CaO и/или CaO·MgO в извести, а также указаны количества некарбонатного сырья, загружаемого в обжигные печи.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Отчётность и документация для уровня 3 для производства извести такая же, как для уровня 3 для производства цемента (см. выше), с одной небольшой разницей. Вместо сбора информации о ЦП следует собирать данные о количестве и степени кальцинирования ИП. Вся исходная информация должна быть задокументирована и представлена в отчёте – в *эффективной практике* недостаточно дать лишь конечную оценку выбросов.

2.4 ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛА

2.4.1 Вопросы методологии

Многие виды стеклянных изделий и составов используются в промышленных масштабах, при этом стекольная промышленность подразделяется на четыре основных категории - тарное стекло, листовое (оконное) стекло, стекловолокно и стекло специального назначения.

Огромное количество промышленного стекла относится к первым двум категориям. Эти две категории используют почти исключительно известково-натриевое стекло, которое состоит из оксида кремния (SiO_2), соды (Na_2O) и извести (CaO) с небольшим количеством оксида алюминия (Al_2O_3) и оксидов других щелочных и щелочноземельных элементов, а также других ингредиентов в меньших количествах. Изоляционное стекловолокно – основной компонент третьей категории – имеет аналогичный состав. Отдельные производители обладают запатентованными рецептурами стекла, но эти рецептуры имеют лишь минимальные отличия от базового состава.

Эта категория источников также включает выбросы от производства стеклянной ваты (категория минеральной ваты), в которой производственный процесс аналогичен производству стекла. Термин «минеральная вата» может также использоваться для натуральной минеральной ваты и для шлаковаты. Если производство минеральной ваты сопровождается выбросами, то эти выбросы следует учитывать в подкатегории 2A5. Выбросы от производства шлака следует учитывать в соответствующей металлургической категории источника. Переплавка шлака с целью изготовления минеральной ваты не сопровождается значительными выбросами от процесса и их не следует учитывать.

Наибольшую часть стекольного сырья, которое выделяет CO_2 в процессе плавки, составляют известняк (CaCO_3), доломит $\text{Ca, Mg} (\text{CO}_3)_2$ и кальцинированная сода (Na_2CO_3). Если эти материалы добываются как карбонатные ископаемые для стекольной промышленности, то они представляют первичное производство CO_2 и должны быть включены в оценку выбросов. Если карбонатные материалы производятся методом карбонизации гидроксида, то они не приводят к чистым выбросам CO_2 и не должны включаться в оценку выбросов. В меньшем количестве выделяют CO_2 такие сырьевые материалы, как карбонат бария (BaCO_3), костная зола ($3\text{CaO}_2\text{P}_2\text{O}_5 + \text{XCaCO}_3$), карбонат калия (K_2CO_3) и карбонат стронция (SrCO_3). Кроме того, для создания восстанавливающих условий в расплав стекла может быть добавлена пыль антрацита или некоторые другие органические материалы; они могут реагировать с кислородом, который присутствует в расплаве стекла, с образованием CO_2 .

Поведение этих карбонатов в процессе плавления стекла представляет собой сложную высокотемпературную реакцию, которую невозможно напрямую сравнивать с реакцией кальцинирования карбонатов с образованием негашёной извести или с обжигом доломитовой извести. Тем не менее, такая плавка (в районе 1500°C) даёт такой же нетто-эффект в пересчёте на выбросы CO_2 .

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

Стекльобой приходит из двух источников: возврат стекла, разбитого на собственном предприятии в процессе производства, или другое (собственное) бракованное стекло, а также стекльобой из посторонних источников (т.е. не относящихся к данному заводу) - из программ по вторсырью или брокерских услуг по стекльобое. Этот второй источник важен для развитых экономик, но менее важен для развивающихся стран, где утилизация стекла не так распространена. Было показано, что удержание растворённого CO_2 в стекле относительно мало, и его можно проигнорировать при оценке выбросов парниковых газов.

2.4.1.1 ВЫБОР МЕТОДА

МЕТОД УРОВНЯ 1

Метод уровня 1 (уравнение 2.10) следует применять в том случае, когда нет данных о производстве стекла по различным технологиям или о карбонатах, использованных при производстве стекла. В уровне 1 применяется коэффициент выбросов по умолчанию и пропорция стекльобоя согласно национальной статистике по производству стекла. Неопределённость, связанная с этим методом, может быть намного выше, чем неопределённость, связанная с уровнем 2 или 3.

УРАВНЕНИЕ 2.10
УРОВЕНЬ 1: РАСЧЁТ ВЫБРОСОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТЕКЛА
Выбросы $\text{CO}_2 = M_g \cdot EF \cdot (1 - CR)$

Где

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства стекла, тонны

M_g = масса произведённого стекла, тонны

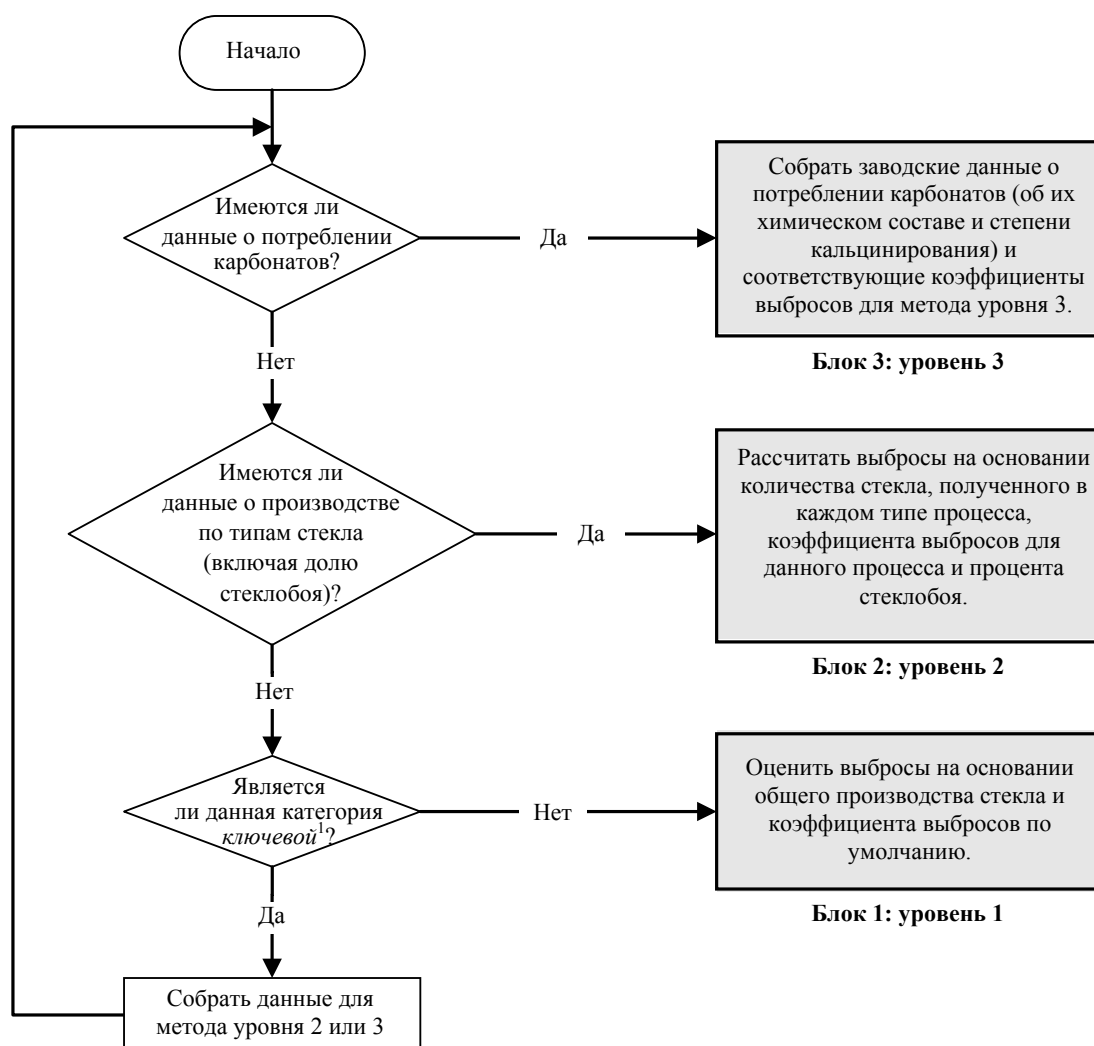
EF = коэффициент выбросов по умолчанию для производства стекла, тонны CO₂/тонну стекла

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

МЕТОД УРОВНЯ 2

Уровень 2 представляет собой улучшенный вариант уровня 1. Вместо сбора национальной статистики об общем производстве стекла оценка выбросов базируется на различных технологиях производства, применяемых в стране. Как будет раскрыто ниже, в различных технологиях стекла (листовое стекло, тарное стекло, стекловолокно и т.д.) обычно используются различные типы и отношения сырьевых материалов. В методе уровня 2 применяются коэффициенты выбросов по умолчанию для каждой технологии производства. Оценка выбросов при этом должна быть скорректирована с учётом добавления в печь отходов стекла (стеклобоя) (уравнение 2.11).

Рисунок 2.3 Схема принятия решений по оценке выбросов CO₂ от производства стекла



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 2.11**УРОВЕНЬ 2: РАСЧЁТ ВЫБРОСОВ С УЧЁТОМ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА**

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i [M_{g,i} \cdot EF_i \cdot (1 - CR_i)]$$

Где

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства стекла, тонны

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

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

CR_i = доля стеклобоя при производстве стекла типа i , дробь

МЕТОД УРОВНЯ 3

Методика уровня 3 базируется на учёте загрузки карбонатов в стеклоплавильную печь (уравнение 2.12).

УРАВНЕНИЕ 2.12**УРОВЕНЬ 3: РАСЧЁТ ВЫБРОСОВ НА ОСНОВАНИИ ЗАГРУЗКИ КАРБОНАТОВ**

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (M_i \cdot EF_i \cdot F_i)$$

Где

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства стекла, тонны

EF_i = коэффициент выбросов для карбоната i , тонны CO_2 /тонну карбоната (см. таблицу 2.1)

M_i = вес или масса израсходованного (добытого) карбоната i , тонны

F_i = степень кальцинирования, достигнутая для карбоната i , дробь

Если степень кальцинирования, достигнутая для конкретного карбоната не известна, то можно сделать допущение о том, что степень кальцинирования равна 1,00.

2.4.1.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ**МЕТОД УРОВНЯ 1**

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

УРАВНЕНИЕ 2.13**УРОВЕНЬ 1: КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА**

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

МЕТОД УРОВНЯ 2

В методе уровня 2 коэффициенты выбросов по умолчанию и пропорции стеклобоя применяются к показателям производства различных типов стекла в стране (таблица 2.6). В тех странах, где известны данные на уровне страны и даже на уровне заводов, рекомендуется использовать их в дополнение или вместо значений по умолчанию, представленных далее. Пропорции стеклобоя могут значительно меняться в рамках одной страны и от страны к стране.

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

ТАБЛИЦА 2.6 КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ И ДОЛЯ СТЕКЛОБОЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СТЕКЛА		
Тип стекла	Коэффициент выбросов CO₂ (кг CO₂/кг стекла)	Доля стеклобоа (типичный диапазон)
Листовое	0,21	10% - 25%
Тарное (бесцветное)	0,21	30% - 60%
Тарное (жёлтое/зелёное)	0,21	30% - 80%
Стекловолокно (марки E)	0,19	0% - 15%
Стекловолокно (изоляционное)	0,25	10% - 50%
Специального назначения (телевизионные панели)	0,18	20% - 75%
Специального назначения (телевизионные трубки)	0,13	20% - 70%
Специального назначения (столовая посуда)	0,10	20% - 60%
Специального назначения (лаборат./фарм.)	0,03	30% - 75%
Специального назначения (ламповое)	0,20	40% - 70%
Источник: переписка с Victor Aume (2004)		

МЕТОД УРОВНЯ 3

Коэффициенты выбросов уровня 3 основаны на фактическом потреблении CO₂ стеклоплавильными печами (соответствующие стехиометрические отношения см. в таблице 2.1). Метод уровня 3 требует полного учёта карбонатов (видов карбонатов и их источников).

2.4.1.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

МЕТОД УРОВНЯ 1

Данные о деятельности для уровня 1 включают национальные статистики производства стекла по весу, а также поправку на количество стеклобоа, использованного при производстве стекла. В уровне 1 делается допущение о том, что пропорция стеклобоа по умолчанию составляет 50%; поэтому чтобы оценить национальные выбросы, данные о массе произведённого стекла на уровне страны умножают на $0,20 \cdot (1 - 0,50) = 0,10$ тонн CO₂/тонну стекла. Если для страны известна ежегодная пропорция использования стеклобоа, то для такой страны рекомендуется модифицировать коэффициент выбросов соответствующим образом [т.е., $EF = 0,20 \cdot (1 - \text{пропорция стеклобоа для данной страны})$].

МЕТОД УРОВНЯ 2

Для уровня 2 необходимо как минимум собрать данные о количестве стекла, сделанного по различным технологиям, на уровне страны. Данные о стекле часто приводятся в разных единицах (например, в тоннах, бутылках, квадратных метрах и т.д.); эти единицы должны быть переведены в тонны. Если возможно, следует собирать данные на уровне заводов и сгруппировать их до уровня страны. Несмотря на то, что уровень 2 предусматривает для стеклобоа коэффициенты по умолчанию, если имеются данные о пропорции стеклобоа для страны или заводов, то рекомендуется собирать такие данные.

МЕТОД УРОВНЯ 3

Для метода уровня 3 данные о деятельности на уровне заводов следует собирать по различным типам карбонатов, потребляемых при производстве стекла.

2.4.1.4 ПОЛНОТА

При оценке выбросов от производства стекла составителям кадастра необходимо рассмотреть несколько вопросов, касающихся полноты данных. Во-первых, стекло производится из различного карбонатного сырья. Если выбросы оценивают на основании загрузки карбонатов (уровень 3), то важно убедиться, чтобы все виды и источники карбонатов были включены в оценку выбросов.

Кальцинированная сода во многих странах является важнейшим сырьём для стекольного производства. Рекомендуется, чтобы составители кадастра убедились в отсутствии двойного учёта выбросов от кальцинированной соды - в выбросах от производства стекла (кальцинированная сода должна быть учтена в категории 2A3 (Производство стекла)) и выбросах от «Другого использования кальцинированной соды», о котором речь пойдёт ниже. Важно иметь в виду, что в национальных статистиках могут быть не учтены многочисленные мелкие предприятия (например, по выпуску художественного стекла или стекла специального назначения). Надо добиться того, чтобы вся стекольная промышленность была учтена.

2.4.1.5 РАЗРАБОТКА СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Возможно поиск данных о деятельности в связи со стекольным производством окажется трудным, потому что производство стекла измеряется в разных единицах. Для того чтобы вывести согласованный временной ряд, необходимо, чтобы во все годы инвентаризации были использованы одни и те же источники данных. Дополнительную информацию для обеспечения согласованности временного ряда см. в главе 5 тома 1.

2.4.2 Оценка неопределённостей

2.4.2.1 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

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

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

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

2.4.2.2 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Также как для производства цемента и извести, неопределённость, связанная с взвешиванием или с пропорциями сырьевых материалов в методе уровня 3, составляет около 1-3%. Некоторое количество карбонатного сырья, доставленное на предприятие, может быть потеряно в виде пыли (т.е. в некальцинированном виде), однако это количество потери считается ничтожным.

Данные о производстве стекла обычно бывают достаточно точно измерены (+/-5%) для уровня 1 и уровня 2. Как отмечалось выше, следует быть внимательным, когда данные о деятельности в оригинале были не в массовых единицах, а в штуках (например, в бутылках) или в единицах площади (например, в м²). Если данные о деятельности приходится переводить в единицы массы, то это может дать дополнительную неопределённость.

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

2.4.3.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

Выбросы, оцененные по методу уровня 3, можно сравнить с выбросами, оцененными по методу уровня 2, и посмотреть, одного ли порядка эти значения. Аналогично, если выбросы были оценены на основании нисходящих данных с помощью уровня 2, то эти результаты можно сравнивать с более строгим методом уровня 3 для небольшого количества предприятий, чтобы увидеть, отвечают ли значения по умолчанию уровня 2 условиям страны. Метод уровня 2 основан на оценке выбросов от производства различных типов стекла. Эти оценки можно сравнивать с результатами аудита различных поставщиков сырья для стекольной промышленности. Например, национальные оценки можно сравнивать с оценками количества известняка, кальцинированной соды и других карбонатов, проданных производителям стекла. Такие торговые показатели можно брать у отдельных поставщиков или у торговых ассоциаций.

Одним из самых больших источников неопределённости в оценке выбросов (уровень 1 и уровень 2) от производства стекла является пропорция стеклобоя. Количество вторично переработанного стекла может варьироваться в зависимости от предприятия в рамках страны и в рамках одного и того же предприятия во времени. Пропорция стеклобоя – хороший кандидат для более глубокого исследования.

2.4.3.2 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

УРОВЕНЬ 1

Данные для уровня 1, которые следует внести в отчет и задокументировать, должны включать общее количество произведённого стекла и коэффициент выбросов, который применялся для оценки выбросов (с указанием того, какая пропорция стеклобоя была использована – по умолчанию или для конкретной страны). Процесс сбора данных о деятельности должен быть задокументирован (оценки на уровне заводов или страны), а также все расчёты по переводу стекла в общие единицы (например, в кг).

УРОВЕНЬ 2

Документация уровня 2 должна включать количество выплавленного стекла в каждом производственном процессе, указанном в таблице 2.6, включая все расчёты по переводу различных типов стекла в одинаковые единицы (например, перевод бутылок в килограммы). Коэффициенты выбросов по типам стекла и доля стеклобоя должны быть описаны с указанием того, были ли использованы значения по умолчанию, и на каком уровне были собраны данные – на уровне заводов или на уровне страны. Рекомендуется также отметить, был ли стеклобой произведён на самом заводе или это отходы потребления (т.е. купленный стеклобой). Эта информация может оказаться важной для определения или проверки деятельности по уменьшению воздействия на окружающую среду, основанной на повторной переработке.

УРОВЕНЬ 3

Инвентаризация должна включать резюме используемых методов и ссылки на источники данных таким образом, чтобы оценки выбросов были прозрачными и чтобы все расчеты выбросов можно было воспроизвести. Если применяется метод уровня 3, то составители кадастра должны задокументировать виды потреблённых карбонатов и указать, каким образом они убедились в том, что вся загрузка карбонатов была учтена (см. описание для уровня 3 в разделе 2.2.3.2).

2.5 ДРУГИЕ ПРОЦЕССЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРБОНАТОВ

2.5.1 Вопросы методологии

Известняк (CaCO_3), доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) и другие карбонаты (например, MgCO_3 и FeCO_3) – это основные материалы, имеющие коммерческое применение в различных отраслях промышленности.

Помимо уже рассмотренных отраслей промышленности (производство цемента, извести, стекла) карбонаты также используются в металлургии (чугун и сталь), сельском хозяйстве, строительстве и для снижения загрязнения окружающей среды (например, для удаления соединений серы из топочных газов). Как было отмечено во введении к главе, кальцинирование карбонатов при высоких температурах сопровождается выделением CO_2 (таблица 2.1). Следует отметить, что некоторые виды применения карбонатов (например, использование известняка в качестве заполнителя) не даёт выбросов CO_2 и, следовательно, их не следует включать в национальный кадастр парниковых газов (см. таблицу 2.7).

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

Эффективная практика предусматривает описание выбросов от потребления карбонатов в той категории источников, где эти карбонаты были израсходованы и выделился CO_2 . Таким образом, если известняк используется для известкования почв, то выбросы должны быть учтены в соответствующей категории сектора «Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования (СХЛХДВЗ)». Если карбонаты используются как флюсы или шлакообразователи (например, при производстве чугуна и стали, химических веществ или для снижения загрязнения окружающей среды и т.д.), то выбросы должны быть учтены в тех категориях источников, где карбонаты были использованы. Как было отмечено в разделе 2.3.11 выше, все товарное и нетоварное производство извести должно быть учтено в пункте «Производство извести». Особые категории источников, описанные далее (керамика, другое использование кальцинированной соды и неметаллургическое производство магнезии) должны быть учтены в категории «Производство минеральных материалов». Категория источников «Прочее» должна включать оценку выбросов, которые не попадают ни в одну из главных категорий, перечисленных в таблице 2.7 далее.

КЕРАМИКА

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

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

ДРУГОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ

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

НЕМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО МАГНЕЗИИ

Эта категория источников должна включать выбросы от производства магнезии (MgO), которые не были включены в других местах кадастра. Например, если магнезия производится для использования в

качестве удобрения, то *эффективная практика* предусматривает учёт таких выбросов в соответствующем разделе главы 3 (Выбросы химической промышленности).

Магнезит ($MgCO_3$) – один из главных видов сырья при производстве магнезии и, в конечном итоге, плавленной магнезии. Имеется три главных категории продуктов магнезии: кальцинированная магнезия, жжёная магнезия (периклаз) и плавная магнезия. Кальцинированная магнезия используется во многих областях сельского хозяйства и промышленности (добавка к корму для скота, удобрения, электроизоляция и удаление соединений серы из топочных газов). Жжёная магнезия используется в основном для производства огнеупорных изделий, а плавная магнезия - в секторе огнеупорных и электроизоляционных материалов.

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

ПРОЧЕЕ

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

2.5.1.1 ВЫБОР МЕТОДА

Имеется две основные методики оценки выбросов от использования карбонатов для этих категорий источников. В методе уровня 1 делается допущение, что в качестве карбонатного сырья в промышленности используется только известняк и доломит, и вводится поправка на использование доли известняка и доли доломита по умолчанию. Уровень 2 – это то же самое, что и уровень 1, за исключением того, что должны быть определены конкретные данные о доле известняка и доле доломита. Метод уровня 3 основан на анализе все видов использования карбонатов, которые дают выбросы.

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

МЕТОД УРОВНЯ 1

Метод уровня 1 основан на уравнении 2.14.

<p>УРАВНЕНИЕ 2.14</p> <p>УРОВЕНЬ 1: РАСЧЁТ ВЫБРОСОВ ПО МАССЕ ПОТРЕБЛЁННЫХ КАРБОНАТОВ</p> $\text{Выбросы } CO_2 = M_c \cdot (0,85 EF_{ls} + 0,15 EF_d)$
--

Где

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

M_c = масса потреблённых карбонатов, тонны

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

Следует убедиться в том, что данные о карбонатах отражают количество чистых карбонатов, а не карбонатной породы. Если имеются только данные о карбонатной породе, то по умолчанию полагают, что порода содержит 95% карбоната. Для глин содержание карбонатов по умолчанию равно 10%⁴, если нет другой информации. Кальцинированная сода – это карбонат натрия, не известняк и не доломит. Поэтому метод 1 для кальцинированной соды не требует применения пропорций по умолчанию 86%/15%. Выбросы оценивают путём умножения количества потреблённой кальцинированной соды на уровне страны на коэффициент выбросов по умолчанию для карбоната натрия (см. таблицу 2.1).

⁴ Согласно EU-BREF (2005) содержания карбонатов в глинах, которые используются в керамической промышленности, меняется от 0 до более 30%.

МЕТОД УРОВНЯ 2

В уровне 2 количество CO₂, выделившегося от использования известняка и доломита, оценивают исходя из анализа потребления и стехиометрии химических процессов. В уровне 2 используется уравнение подобное уравнению для уровня 1, но в уровне 2 требуются данные о количествах известняка и доломита, потреблённых в стране (уравнение 2.15). В *эффективной практике* не используют значения по умолчанию для фракции известняка и фракции доломита.

УРАВНЕНИЕ 2.15**УРОВЕНЬ 2: МЕТОД РАСЧЁТА ДЛЯ ДРУГИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРБОНАТОВ**

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

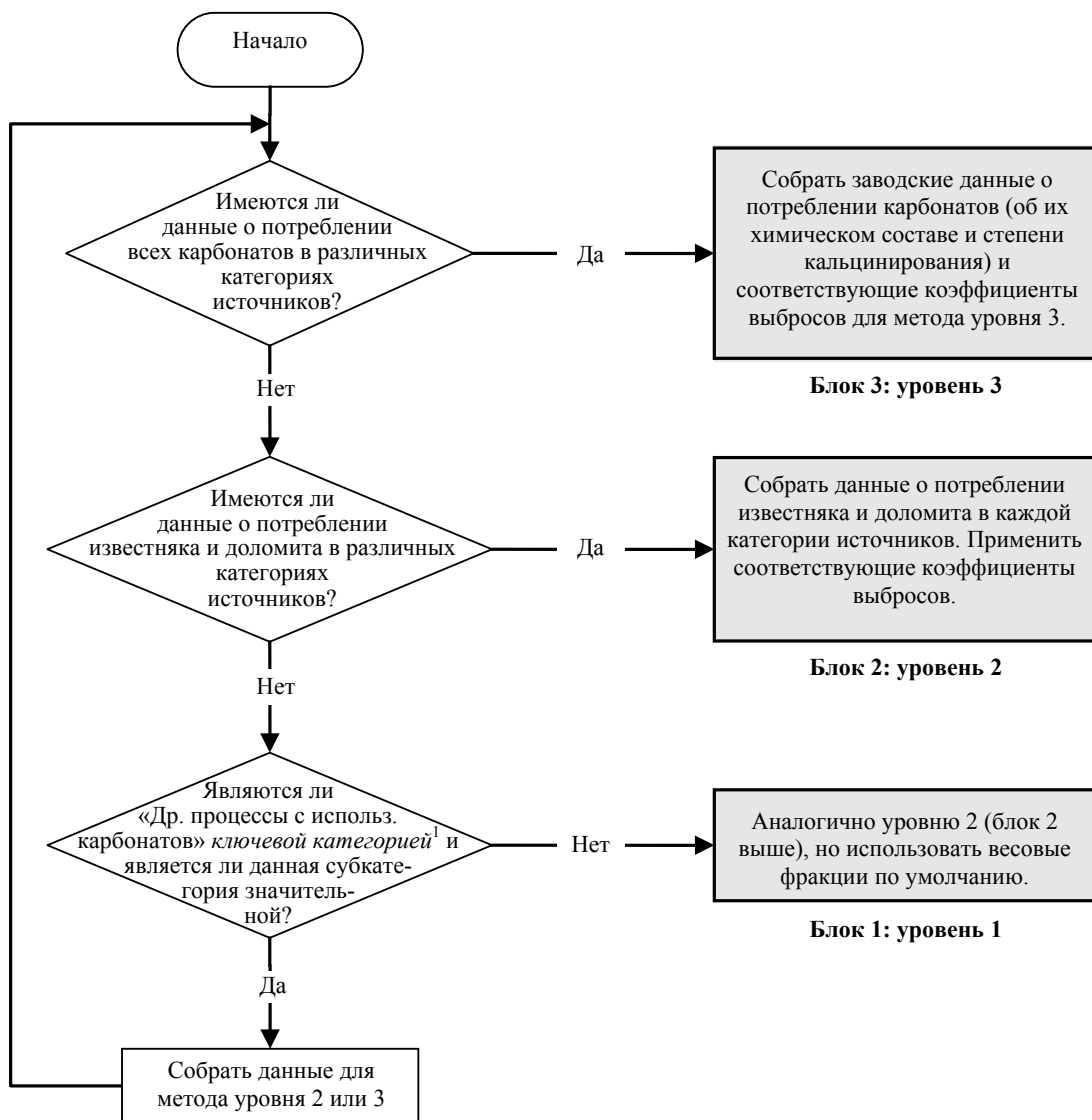
Где

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от других процессов с использованием карбонатов, тонны

M_{ls} или M_d = масса потребленного известняка или доломита, соответственно, тонны (о содержании карбоната в известняке или доломите см. уравнение 2.14 выше).

EF_{ls} или EF_d = коэффициент выбросов от кальцинирования известняка или доломита, соответственно, тонны CO₂/тонну карбоната (см. таблицу 2.1)

Рисунок 2.4 Схема принятия решений по оценке выбросов CO₂ от других процессов с использованием карбонатов



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 3

Методика уровня 3 аналогична подходу, описанному выше для цемента, однако в данном случае не надо вводить поправку на пыль или загрузку другого сырья (уравнение 2.16). Как было отмечено выше, всякий раз, когда используется этот метод, необходимо, чтобы в анализе были учтены все загруженные карбонаты.

УРАВНЕНИЕ 2.16
УРОВЕНЬ 3: МЕТОД РАСЧЁТА НА ОСНОВАНИИ ЗАГРУЗКИ КАРБОНАТОВ ДЛЯ ДРУГИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРБОНАТОВ

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (M_i \cdot EF_i \cdot F_i)$$

Где

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от других процессов с использованием карбонатов, тонны

M_i = масса потреблённого карбоната *i*, тонны (о чистоте карбоната см. уравнение 2.14 выше).

EF_i = коэффициент выбросов для карбоната i , тонны CO_2 /тонну карбоната (см. таблицу 2.1)

F_i = степень кальцинированная, достигнутая для карбоната i , дробь. Если степень кальцинирования конкретного карбоната не известна, то можно сделать допущение о том, что степень кальцинирования равна 1,00.

i = один из используемых карбонатов

2.5.1.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

УРОВЕНЬ 1 И УРОВЕНЬ 2

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

УРОВЕНЬ 3

Коэффициент выбросов уровня 3 представляет средневзвешенную величину коэффициентов выбросов отдельных карбонатов (см. таблицу 2.1). Метод уровня 3 требует полного учёта карбонатов (видов карбонатов и их источников).

2.5.1.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УРОВЕНЬ 1

В методе уровня 1 необходимо собрать данные о деятельности для всего потребления карбонатов, которое сопровождается выбросами (см. таблицу 2.7 о видах использования карбонатов, которые сопровождаются выбросами). В отсутствие лучших данных в рамках *эффективной практики* делают допущение, что известняк составляет 85% потребления карбонатов и доломит -15%. Для использования кальцинированной соды составители кадастра должны собрать данные об общем количестве использованной кальцинированной соды на уровне страны или заводов. Для глин, применяемых в керамической промышленности, необходимо собрать национальные данные о производстве кирпича, кровельной черепицы, глазурованных керамических труб и огнеупорных изделий и рассчитать количество потреблённой глины, умножив количество продукции на коэффициент потерь по умолчанию 1,1.

УРОВЕНЬ 2

Эффективная практика предполагает сбор данных о деятельности с целью описания общего количества потреблённых карбонатов в каждом секторе конечного использования. Если данные, необходимые для определения потреблённых карбонатов, не доступны по каждому сектору конечного использования, то в *эффективной практике* собирают данные о потреблении известняка и доломита на национальном уровне. Аналогично методу уровня 1, если не известна степень кальцинирования, то в рамках *эффективной практики* делают предположение о том, что достигается 100%-ное кальцинирование. Составители кадастра не должны делать допущение о том, что весь потреблённый в стране известняк и доломит привел к выбросам CO_2 . Например, известняк и доломит часто применяют в качестве заполнителя цемента в ряде процессов, и этот вид использования дроблёного камня не приводит к выбросам (таблица 2.7).

УРОВЕНЬ 3

Этот метод наиболее точный, он включает сбор данных о деятельности, связанной с конечными видами использования карбонатов. По правилам *эффективной практики* следует собирать данные на уровне завода о потреблении карбонатов в той же категории источника и о степени кальцинирования карбонатов. Считается, что потребление карбонатов равно количеству добытого сырья плюс импортированное сырьё минус экспортированное сырьё. Если не известна степень кальцинирования, то в рамках *эффективной практики* делают допущение о том, что достигается 100%-ное кальцинирование. Для использования глины в керамической промышленности необходимо собирать данные о потреблении глины для всех керамических продуктов.

2.5.1.4 ПОЛНОТА

Нелегко обеспечить полноту учета в отраслях, в которых потребляют (кальцинируют) карбонаты, поскольку существует вероятность заниженной или завышенной оценки. Как неоднократно отмечалось в этой главе, если метод основан на загрузке карбоната, то возможна заниженная оценка общего количества потреблённых карбонатов. Раз так, то метод уровня 3 для других процессов с использованием карбонатов должен применяться только на уровне заводов.

Также имеется вероятность двойного учёта. Составители кадастра должны тщательно проанализировать, каким образом были подготовлены национальные статистики об использовании известняка, доломита и других карбонатов. Например, источник данных для сталелитейной промышленности может содержать всё количество потреблённого известняка в качестве флюса – главным образом потому, что выбросы являются частью доменного газа или других горючих газов, которые были включены в выбросы от сжигания топлива в соответствующем секторе. Следует тщательно проанализировать национальную статистику по известняку, чтобы определить, включает ли она данные о потреблении известняка в сталелитейной промышленности.

Часто национальные статистики по известняку, доломиту и другим карбонатам содержат такие категории, как «другие виды использования». Составители кадастра должны убедиться в том, что это потребление не было учтено в других источниках.

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

В таблице 2.7 рассматриваются некоторые вопросы, которые должны помочь составителю кадастра сделать правильное отнесение подобных выбросов, не допуская их завышенной или заниженной оценки.

Таблица 2.7 КАРБОНАТЫ, ДАЮЩИЕ И НЕ ДАЮЩИЕ ВЫБРОСЫ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ		
Где были использованы карбонаты?	Даёт ли источник выбросы?	Если да, то в каком месте следует учесть выбросы?
<i>Сельское хозяйство:</i>		
Агротехнический известняк	Да*	СХЛХДВ3: 3С2 (Известкование)
Минеральный корм и камешки для скармливания домашней птице	Нет	
Другое использование в сельском хозяйстве	Нет	
<i>Химическая промышленность и металлургия:</i>		
Производство цемента	Да	ППИП: 2А1 (Производство цемента)
Производство извести	Да	ППИП: 2А2 (Производство извести)
Обжиг доломита	Да	ППИП: 2А2 (Производство извести), если обжиг вне производства извести, то «Прочее» (2А4d).
Флюсовая порода	Да	ШПИП: 2С (Металлургическая промышленность), промышленность по месту потребления; если не учтено в секторе «Энергетика» (для горючих отходящих газов, продаваемых другим потребителям)

Химическая порода	Да**	Категория источника по месту потребления
Производство стекла	Да	ПШИП: 2А3 (Производство стекла)
Поглощение оксида серы	Да*	Категория источника по месту потребления
Удобрения	Да**	ПШИП: 2В (Химическая промышленность)
Керамика и минеральная вата:		
Керамика	Да	ПШИП: Производство минеральных материалов: 2А4а (Керамика)
Минеральная вата	Да	ПШИП: Производство минеральных материалов: 2А3 (Производство стекла) или 2А4d (Прочее), в зависимости от производственного процесса
Специальное применение:		
Обеспыливание в промышленности минеральных материалов и кислотная обработка воды	Да*	Категория источника по месту потребления
Наполнители асфальта	Нет	
Побелка или заменитель побелки	Нет	

Таблиц 2.7 КАРБОНАТЫ, ДАВЯЩИЕ И НЕ ДАЮЩИЕ ВЫБРОСЫ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)		
Где были использованы карбонаты?	Даёт ли источник выбросы?	Если да, то в каком месте следует учесть выбросы?
Другие наполнители	Нет	
Строительство:		
Применение в качестве мелкого и крупного минерального заполнителя	Нет	
Другие области применения:		
Огнеупорная порода	Нет	
Нейтрализация кислоты	Да*	Категория источника по месту потребления
Химические вещества	Нет	
Производство бумаги	Нет	
Абразивы	Нет	
Рафинирование сахара	Да	ПШИП: выбросы от производства извести на сахарных заводах должны учитываться в 2А2 (Производство извести); все прочие выбросы - в 2А4 (Другие процессы с использованием карбонатов). Поглощения должны учитываться в 2Н2 (Пищевая и безалкогольная промышленность).
Прочее	Да*, нет	Если да, то ПШИП: 2А4 (Другие процессы с использованием карбонатов)
* Выбросы в результате реакции с кислотой.		
** Выбросы могут происходить в результате кальцинирования и/или реакции с кислотой.		

2.5.1.5 ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

В данных *Руководящих принципах* использование известняка, доломита и других карбонатов рассматривается иначе, чем в более ранних изданиях *Руководящих принципах МГЭИК*. В предыдущем руководстве всё потребление известняка и доломита предлагалось учитывать в категории «Использование известняка и доломита» за исключением известняка и доломита, потребляемого в производстве цемента, извести и для известкования почв.

В *Руководящих принципах 2006* выбросы от других процессов с использованием карбонатов должны учитываться в той категории источников, где они потребляются, и, следовательно, выбросы учитываются в тех секторах, где они происходят. Это изменение может потребовать пересчёта, чтобы подтвердить согласованность временного ряда для категории «Другие процессы с использованием карбонатов» в «Производстве минеральных материалов», а также в остальных категориях источников, где потребляются карбонаты.

Имеется несколько способов убедиться в согласованности временного ряда. По правилам *эффективной практики* составители кадастра должны проанализировать следующие вопросы в соответствии с главой 5 тома 1.

- Если имеется достаточно данных за все годы для метода уровня 3 (или уровня 2), то следует использовать этот метод.
- Если данные имеются не за все годы, то промежуточные годы можно оценить интерполяцией или экстраполяцией линии тренда.
- Если данные о других процессах с использованием карбонатов доступны на разгруппированном уровне только за самые последние годы, то можно применить пропорцию карбонатов, потреблённых в каждой отрасли за последний год, к трендам производства для соответствующих отраслей, аналогично суррогатному методу, описанному в разделе 5.3 тома 1. При использовании этого подхода следует внимательно проанализировать, имеются ли национальные условия, которые могут привести к повышению использования флюсов и шлакообразователей в отдельных отраслях промышленности со временем.

2.5.2 Оценка неопределённостей

2.5.2.1 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

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

2.5.2.2 НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

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

Данные о деятельности для использования известняка и доломита может быть трудно собрать, поскольку имеется много разных областей конечного использования в различных отраслях, причём в некоторых из них выделяется CO_2 , а в других нет. Национальные статистики могут включать категорию конечного использования «Другие виды использования» (или другую подобную категорию), и может оказаться

затруднительно отнести «Другие виды использования» к правильному сектору потребления. Если невозможно правильно идентифицировать ни один из видов использования, то неопределённость возрастает.

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

2.5.3.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК)

СРАВНЕНИЕ ОЦЕНОК ВЫБРОСОВ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

Оценки выбросов, полученные для любого уровня, можно сравнивать с оценками других уровней, даже если метод уровня 3 учитывает дополнительные виды карбонатов, которые не учтены в анализе уровня 1 или 2. При условии, что для всех уровней используется одинаковая степень кальцинирования и что известняк и доломит дают самые большие выбросы в этих источниках, оценки выбросов по разным методам будут, по-видимому, близки по порядку величин.

ПРОВЕРКА ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Поскольку известняк, доломит и другие карбонаты потребляются во многих отраслях промышленности, то может существовать несколько различных источников данных о потреблении карбонатов в разных отраслях. Например, можно сравнить данные о потреблении известняка на различных предприятиях сталелитейной промышленности, чтобы увидеть, одинаковы ли пропорции потребления флюса на уровне предприятий.

Также можно сравнивать информацию об использовании известняка, доломита и других карбонатов в качестве флюса на уровне заводов со статистиками промышленных ассоциаций. Статистики промышленных ассоциаций можно в свою очередь сравнивать национальными статистиками о потреблении известняка, доломита и других карбонатов.

Часто бывает полезно проанализировать тренды данных о деятельности во времени, чтобы понять, можно ли ожидать большие колебания из года в год. Выводы на основании трендов следует делать с осторожностью, поскольку в этих статистиках могут наблюдаться сильные колебания от года к году.

2.5.3.2 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Инвентаризация должна включать резюме используемых методов и ссылки на источники данных в таком виде, чтобы оценки выбросов были прозрачными, и чтобы можно было воспроизвести все расчеты. Как было отмечено выше, самый важный принцип, которому необходимо следовать при составлении отчетности о выбросах от других процессов с использованием карбонатов, состоит в том, что выбросы должны учитываться в той категории источников, где карбонаты потребляются.

УРОВЕНЬ 1 И УРОВЕНЬ 2

В отчёте должна быть представлена информация о количестве известняка и доломита, потреблённого в каждой отрасли. Если отношение видов потреблённых карбонатов для отдельной отрасли не известно и используется отношение по умолчанию (85% известняка и 15% доломита), то это должно быть задокументировано.

УРОВЕНЬ 3

Документация, требуемая для уровня 3, такая же, как для других категорий источников, рассмотренных в этой главе, для которых расчёт выбросов основан на загрузке карбоната.

Ссылки

- ASTM (1996). ASTM International. Standard Specification for Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone for Chemical Uses, Designation: C911-96, Table 1.
- ASTM (2004a). ASTM International. Standard Specification for Portland Cement, Designation: C-150-02.
- ASTM (2004b). ASTM International. Standard Specification for Blended Hydraulic Cements: C-595-03.
- Boyd, D. C. и Thompson, D. A. (1980) "Glass", Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Volume 11, pp 826-827.
- Boynnton, R. S. (1980). Chemistry and Technology of Lime and Limestone, 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
- CRC Handbook of Chemistry and Physics (2004). (David R. Lide, Ed in Chief); CRC Press, Boca Raton, FL; Sec. 1, p.12-14
- DIN (1994). Deutsche Industrie Norm. DIN 1164-1 Zement, Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen. Edition 1994-10.
- EU-BREF Ceramics (2005). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry. (<http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>)
- Hendriks *et al.* (1998). Proceedings of the 4th International Conference of GHG Control Technologies. August 30-September 2. Interlaken.
- Miller, M. (1999a). US Geological Survey, Calculations based on Boynton, 1980.
- Miller, M. (1999b). U.S. Geological Survey. Calculations based on ASTM, 1996b and Schwarzkopf, 1985.
- Schwarzkopf, F. (1985). Lime Burning Technology (2nd Edition), Table 2, June 1985.
- Van Oss, H. (2005). Personal communication with Hendrik van Oss, January 2005.
- Van Oss, H. and Padovani, A. (2002). Cement Manufacture and the Environment. Part I: Chemistry and Technology. *Journal of Industrial Ecology*. Vol.6, Number 1, page 89-105.
- WBCSD (2005). World Business Council for Sustainable Development The Cement CO₂ Protocol: CO₂ Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry. Version 2. June 2005